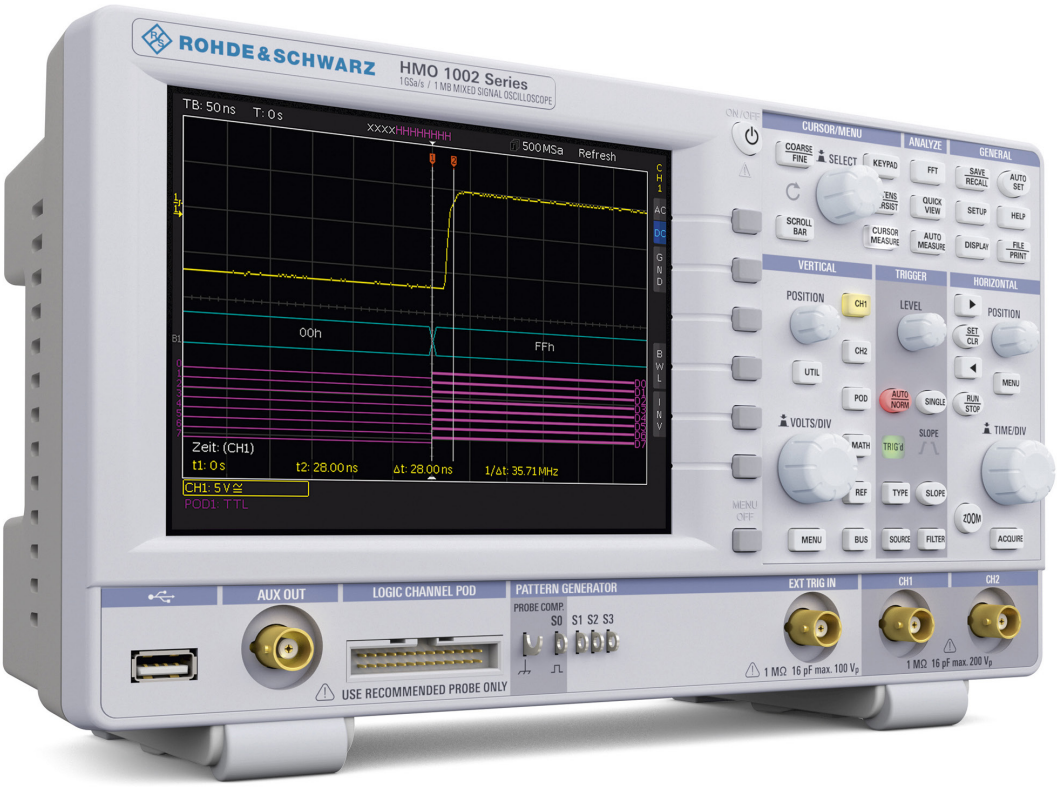
Mixed Signal Oszilloskop

50/70/100 MHz

R&S®HMO1002



Test & Measurement

Benutzerhandbuch

ROHDE&SCHWARZ

CE

KONFORMITÄTSERKLÄRUNG
DECLARATION OF CONFORMITY
DECLARATION DE CONFORMITE
DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

Hersteller / Manufacturer / Fabricant / Fabricante:
HAMEG Instruments GmbH · Industriestraße 6 · D-63533 Mainhausen

Die HAMEG Instruments GmbH bescheinigt die Konformität für das Produkt
The HAMEG Instruments GmbH herewith declares conformity of the product
HAMEG Instruments GmbH déclare la conformite du produit
HAMEG Instruments GmbH certifica la conformidad para el producto

Bezeichnung:	**Oszilloskop**
Product name:	**Oscilloscope**
Designation:	**Oscilloscope**
Descripción:	**Osciloscopio**
Typ / Type / Type / Tipo:	**R&S®HMO1002**

mit / with / avec / con:

Optionen / Options /
Options / Opciónes:

mit den folgenden Bestimmungen / with applicable regulations /
avec les directives suivantes / con las siguientes directivas:

EMV Richtlinien / EMC Directives / Directives CEM / Directivas IEM:
2004/108/EG;

Niederspannungsrichtlinie / Low-Voltage Equipment Directive / Directive des equipements basse tension / Directiva de equipos de baja tensión:
2006/95/EG

Angewendete harmonisierte Normen / Harmonized standards applied /
Normes harmonisées utilisées / Normas armonizadas utilizadas:

Sicherheit / Safety / Sécurité / Seguridad:
DIN EN 61010-1; VDE 0411-1: 07/2011

Überspannungskategorie / Overvoltage category / Catégorie de surtension / Categoría de sobretensión: II

Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution /
Nivel de polución: 2

Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility /
Compatibilité électromagnétique / Compatibilidad electromagnética:

EMV Störaussendung / EMI Radiation / Emission CEM / emisión IEM:
DIN EN 61000-6-3: 09/2007 (IEC/CISPR22, Klasse / Class / Classe / classe B)
VDE 0839-6-3: 04/2007

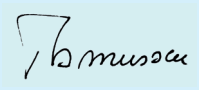
Störfestigkeit / Immunity / Imunitee / inmunidad:
DIN EN 61000-6-2; VDE 0839-6-2: 03/2006

Oberschwingungsströme / Harmonic current emissions / Émissions de courant harmonique / emisión de corrientes armónicas:
DIN EN 61000-3-2; VDE 0838-2: 06/2009

Spannungsschwankungen u. Flicker / Voltage fluctuations and flicker /
Fluctuations de tension et du flicker / fluctuaciones de tensión y flicker:
DIN EN 61000-3-3; VDE 0838-3: 03/2010

Datum / Date / Date / Fecha
18. 03 2014

Unterschrift / Signature / Signatur / Signatura



Holger Asmussen
General Manager

Allgemeine Hinweise zur CE-Kennzeichnung

R&S® Messgeräte erfüllen die Bestimmungen der EMV Richtlinie. Bei der Konformitätsprüfung werden von R&S® die gültigen Fachgrund- bzw. Produktnormen zu Grunde gelegt. In Fällen, in denen unterschiedliche Grenzwerte möglich sind, werden von R&S® die härteren Prüfbedingungen angewendet. Für die Störaussendung werden die Grenzwerte für den Geschäfts- und Gewerbebereich sowie für Kleinbetriebe angewandt (Klasse 1B). Bezüglich der Störfestigkeit finden die für den Industriebereich geltenden Grenzwerte Anwendung. Die am Messgerät notwendigerweise angeschlossenen Mess- und Datenleitungen beeinflussen die Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte in erheblicher Weise. Die verwendeten Leitungen sind jedoch je nach Anwendungsbereich unterschiedlich. Im praktischen Messbetrieb sind daher in Bezug auf Störaussendung bzw. Störfestigkeit folgende Hinweise und Randbedingungen unbedingt zu beachten:

1. Datenleitungen
Die Verbindung von Messgeräten bzw. ihren Schnittstellen mit exter-nen Geräten (Druckern, Rechnern, etc.) darf nur mit ausreichend abgeschirmten Leitungen erfolgen. Sofern die Bedienungsanleitung nicht eine geringere maximale Leitungslänge vorschreibt, dürfen Datenleitungen (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht überschreiten und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden. Ist an einem Geräteinterface der Anschluss mehrerer Schnittstellenkabel möglich, so darf jeweils nur eines angeschlossen sein. Bei Datenleitungen ist generell auf doppelt ab-geschirmtes Verbindungskabel zu achten. Als IEEE-Bus Kabel ist das von R&S® beziehbare doppelt geschirmte Kabel HZ72 geeignet.

2. Signalleitungen
Messleitungen zur Signalübertragung zwischen Messstelle und Messgerät sollten generell so kurz wie möglich gehalten werden. Falls keine geringere Länge vorgeschrieben ist, dürfen Signalleitungen (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht überschreiten und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden.Alle Signalleitungen sind grundsätzlich als abgeschirmte Leitungen (Koaxialkabel-RG58/U) zu verwenden. Für eine korrekte Masseverbindung muss Sorge getragen werden. Bei Signalgeneratoren müssen doppelt abgeschirmte Koaxialkabel (RG223/U, RG214/U) verwendet werden.

3. Auswirkungen auf die Messgeräte
Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magnetischer Felder kann es trotz sorgfältigen Messaufbaus über die angeschlossenen Messkabel zu Einspeisung unerwünschter Signalteile in das Messgerät kommen. Dies führt bei R&S® Messgeräten nicht zu einer Zerstörung oder Außerbetriebsetzung des Messgerätes.Geringfügige Abweichungen des Messwertes über die vorgegebenen Spezifikationen hinaus können durch die äußeren Umstände in Einzelfällen jedoch auftreten.

4. Störfestigkeit von Oszilloskopen
4.1 Elektromagnetisches HF-Feld
Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magnetischer Felder können durch diese Felder bedingte Überlagerungen des Messsignals sichtbar werden. Die Einkopplung dieser Felder kann über das Versorgungsnetz, Mess- und Steuerleitungen und/oder durch direkte Einstrahlung erfolgen. Sowohl das Messobjekt, als auch das Oszilloskop können hiervon betroffen sein.
Die direkte Einstrahlung in das Oszilloskop kann, trotz der Abschirmung durch das Metallgehäuse, durch die Bildschirmöffnung erfolgen. Da die Bandbreite jeder Messverstärkerstufe größer als die Gesamtbandbreite des Oszilloskops ist, können Überlagerungen sichtbar werden, deren Frequenz wesentlich höher als die –3dB Messbandbreite ist.

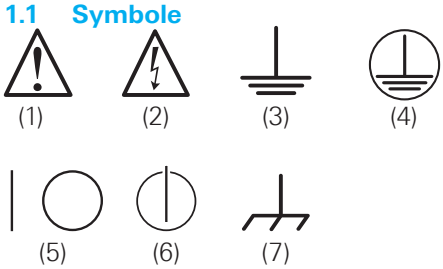
4.2 Schnelle Transienten / Entladung statischer Elektrizität
Beim Auftreten von schnellen Transienten (Burst) und ihrer direkten Einkopplung über das Versorgungsnetz bzw. indirekt (kapazitiv) über Mess- und Steuerleitungen, ist es möglich, dass dadurch die Triggerung ausgelöst wird. Das Auslösen der Triggerung kann auch durch eine direkte bzw. indirekte statische Entladung (ESD) erfolgen. Da die Signaldarstellung und Triggerung durch das Oszilloskop auch mit geringen Signalamplituden (<500 µV) erfolgen soll, lässt sich das Auslösen der Triggerung durch derartige Signale (> 1 kV) und ihre gleichzeitige Darstellung nicht vermeiden.
HAMEG Instruments GmbH

Inhalt

Allgemeine Hinweise zur CE-Kennzeichnung 2
1 Installations- und Sicherheitshinweise 4
1.1 Symbole 4
1.2 Aufstellung des Gerätes 4
1.3 Sicherheit 4
1.4 Bestimmungsgemäßer Betrieb 4
1.5 Umgebungsbedingungen 5
1.6 Gewährleistung und Reparatur 5
1.7 Wartung 5
1.8 Messkategorie 5
1.9 Netzspannung 6
1.10 Batterien und Akkumulatoren/Zellen 6
1.11 Produktentsorgung 7
2 Einführung 8
2.1 Vorderansicht 8
2.2 Bedienpanel 8
2.3 Bildschirm 9
2.4 Allgemeines Bedienkonzept 9
2.5 Grundeinstellungen und integrierte Hilfe 10
2.6 Gerätefirmware-, Hilfe- und Sprach-Update 10
2.7 Optionen / Voucher 10
2.8 Selbstabgleich 11
2.9 Education Mode 11
2.10 Geräterückseite 11
3 Schnelleinstieg 12
3.1 Aufstellen und Einschalten des Gerätes 12
3.2 Anschluss eines Tastkopfes und Signalerfassung 12
3.3 Betrachten von Signaldetails 12
3.4 Cursor-Messungen 13
3.5 Automatische Messungen 13
3.6 Mathematikeinstellungen 14
3.7 Daten abspeichern 14
4 Vertikalsystem 15
4.1 Kopplung 15
4.2 Verstärkung, Y-Position und Offset 15
4.3 Bandbreitenbegrenzung und Invertierung 15
4.4 Tastkopfdämpfung und Einheitenwahl (Volt/Ampere) 15
4.5 Schwellwerteinstellung 16
4.6 Name für einen Kanal 16
5 Horizontalsystem 17
5.1 Erfassungsbetriebsart RUN und STOP 17
5.2 Zeitbasiseinstellungen 17
5.3 Erfassungsmodi 17
5.4 Interlace-Betrieb 20
5.5 ZOOM-Funktion 20
5.6 Navigation-Funktion 21
5.7 Marker-Funktion 21
6 Triggersystem 21
6.1 Triggermodi Auto, Normal und Single 21
6.2 Triggerquellen 21
6.3 Triggertypen 22
7 Anzeige von Signalen 25
7.1 Anzeigeeinstellungen 25
7.2 Nutzung des virtuellen Bildschirms 25
7.3 Signalintensitätsanzeige und Nachleuchtfunktion 26
7.4 XY-Darstellung 26
8 Messungen 27
8.1 Cursor-Messfunktionen 27
8.2 Auto-Messfunktionen 28
9 Analyse 31
9.1 Mathematik-Funktionen 31
9.2 Frequenzanalyse (FFT) 31
9.3 Quick View 32
9.4 PASS/FAIL Test basierend auf Masken 33
9.5 Komponententester 33
9.6 Digitalvoltmeter 35
10 Signalerzeugung 35
10.1 Funktionsgenerator 35
10.2 Mustergenerator 35
11 Dokumentation, Speichern und Laden 37
11.1 Geräteeinstellungen 37
11.2 Referenzen 38
11.3 Kurven 39
11.4 Bildschirmfoto 39
11.5 Definition der FILE/PRINT-Taste 40
12 Mixed-Signal-Betrieb 41
12.1 Logiktrigger für digitale Eingänge 41
12.2 Anzeigefunktionen für die Logikkanäle 41
12.3 Anzeigen der Logikkanäle als BUS 41
12.4 Cursor-Messfunktionen für Logikkanäle 42
12.5. Auto-Messfunktionen für Logikkanäle 42
13 Serielle Busanalyse 43
13.1 Software-Optionen (Lizenzschlüssel) 43
13.2 Konfiguration serieller Busse 43
13.3 Parallel / Parallel Clocked BUS 44
13.4 I2C BUS 44
13.5 SPI / SSPI BUS 46
13.6 UART/RS-232 BUS 48
13.7 CAN BUS 49
13.8 LIN BUS 51
14 Fernsteuerung über Schnittstelle 53
14.1 USB VCP 53
14.2 USB TMC 53
14.3 Ethernet 55
15 Technische Daten 56
16 Anhang 59
15.1 Abbildungsverzeichnis 59
15.2 Stichwortverzeichnis 59

1 Installations- und Sicherheits-hinweise

1.1 Symbole



Symbol 1: Achtung, allgemeine Gefahrenstelle – Produktdokumentation beachten
Symbol 2: Gefahr vor elektrischem Schlag
Symbol 3: Erdungsanschluss
Symbol 4: Schutzleiteranschluss
Symbol 5: EIN-/AUS Versorgungsspannung
Symbol 6: Stand-by-Anzeige
Symbol 7: Masseanschluss

1.2 Aufstellung des Gerätes

Wie den Abbildungen zu entnehmen ist, lassen sich kleine Aufsteller aus den Füßen herausklappen, um das Gerät leicht schräg aufzustellen. Bitte stellen Sie sicher, dass die Füsse komplett ausgeklappt sind, um einen festen Stand zu gewährleisten.

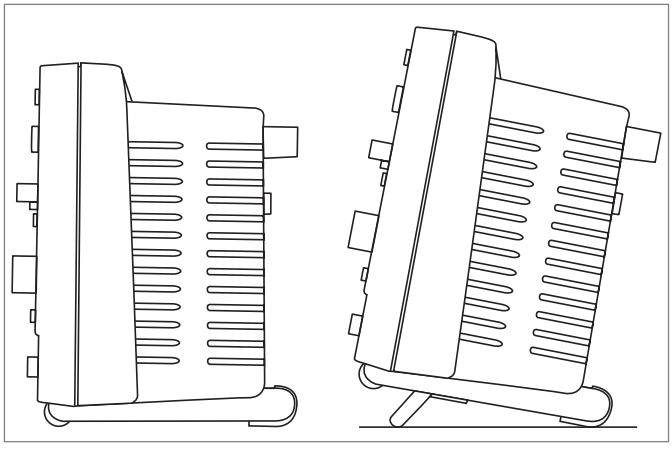


Abb. 1.1: Betriebspositionen

Das Gerät muss so aufgestellt werden, dass die Betätigung der Netztrennung jederzeit uneingeschränkt möglich ist.

1.3 Sicherheit

Dieses Gerät ist gemäß VDE 0411 Teil 1, Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte gebaut, geprüft und hat das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Es entspricht damit auch den Bestimmungen der europäischen Norm EN 61010-1 bzw. der internationalen Norm IEC 61010-1.

Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muss der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in dieser Bedienungsanleitung enthalten sind. Gehäuse, Chassis und alle Messanschlüsse sind mit dem Netzschutzleiter verbunden. Das Gerät entspricht den Bestimmungen der Schutzklasse I.

Die berührbaren Metallteile sind gegen die Netzpole mit 2200 V Gleichspannung geprüft. Das Gerät entspricht der Überspannungskategorie II.

Das Gerät darf aus Sicherheitsgründen nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen betrieben werden. Der Netzstecker muss eingeführt sein, bevor Signalstromkreise angeschlossen werden. Die Auftrennung der Schutzkontaktverbindung ist unzulässig. Benutzen Sie das Produkt niemals, wenn das Netzkabel beschädigt ist. Überprüfen Sie regelmäßig den einwandfreien Zustand der Netzkabel. Stellen Sie durch geeignete Schutzmaßnahmen und Verlegearten sicher, dass das Netzkabel nicht beschädigt werden kann und niemand z.B. durch Stolperfallen oder elektrischen Schlag zu Schaden kommen kann. Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, so ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unabsichtlichen Betrieb zu sichern.

Diese Annahme ist berechtigt:
- wenn das Gerät sichtbare Beschädigungen hat,
- wenn das Gerät lose Teile enthält,
- wenn das Gerät nicht mehr arbeitet,
- nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen (z.B. im Freien oder in feuchten Räumen),
- nach schweren Transportbeanspruchungen (z.B. mit einer Verpackung, die nicht den Mindestbedingungen von Post, Bahn oder Spedition entsprach).

1.4 Bestimmungsgemäßer Betrieb

Das Messgerät ist nur zum Gebrauch durch Personen bestimmt, die mit den beim Messen elektrischer Größen verbundenen Gefahren vertraut sind. Das Oszilloskop darf nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen betrieben werden, die Auftrennung der Schutzkontaktverbindung ist unzulässig. Der Netzstecker muss kontaktiert sein, bevor Signalstromkreise angeschlossen werden. Das Produkt darf nur in den vom Hersteller angegebenen Betriebszuständen und Betriebslagen ohne Behinderung der Belüftung betrieben werden. Werden die Herstellerangaben nicht eingehalten, kann dies elektrischen Schlag, Brand und/oder schwere Verletzungen von Personen, unter Umständen mit Todesfolge, Verursachen. Bei allen Arbeiten sind die örtlichen bzw. landesspezifischen Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften zu beachten.

Das Messgerät ist nur mit dem HAMEG Original-Messzubehör, -Messleitungen bzw. -Netzkabel zu verwenden. Verwenden sie niemals unzulänglich bemessene Netzkabel. Vor Beginn jeder Messungsind die Messleitungen auf Beschädigung zu überprüfen und ggf. zu ersetzen. Beschädigte oder verschlissene Zubehörteile können das Gerät beschädigen oder zu Verletzungen führen.

Das Oszilloskop ist für den Betrieb in folgenden Bereichen bestimmt:
- Industrie-,
- Wohn-,
- Geschäfts- und Gewerbebereich,
- Kleinbetriebe.

Das Oszilloskop darf jeweils nur im Innenbereich eingesetzt werden. Vor jeder Messung ist das Messgerät auf korrekte Funktion an einer bekannten Quelle zu überprüfen.

Zum Trennen vom Netz muss der rückseitige Kaltgerätestecker gezogen werden.

1.5 Umgebungsbedingungen

Der zulässige Arbeitstemperaturbereich während des Betriebes reicht von +5 °C bis +40 °C (Verschmutzungsgrad 2). Die maximale relative Luftfeuchtigkeit (nichtkondensierend) liegt bei 80%. Während der Lagerung oder des Transportes darf die Temperatur zwischen –20 °C und +70 °C betragen. Hat sich während des Transports oder der Lagerung Kondenswasser gebildet, sollte das Gerät ca. 2 Stunden akklimatisiert werden, bevor es in Betrieb genommen wird. Das Oszilloskop ist zum Gebrauch in sauberen, trockenen Räumen bestimmt. Es darf nicht bei besonders großem Staub- bzw. Feuchtigkeitsgehalt der Luft, bei Explosionsgefahr sowie bei aggressiver chemischer Einwirkung betrieben werden. Die Betriebslage ist beliebig, eine ausreichende Luftzirkulation ist jedoch zu gewährleisten. Bei Dauerbetrieb ist folglich eine horizontale oder schräge Betriebslage (Aufstellbügel) zu bevorzugen. Das Gerät darf bis zu einer Höhenlage von 2000 m betrieben werden. Nenndaten mit Toleranzangaben gelten nach einer Aufwärmzeit von mindestens 30 Minuten und bei einer Umgebungstemperatur von 23 °C (Toleranz ±2 °C). Werte ohne Toleranzangabe sind Richtwerte eines durchschnittlichen Gerätes.

Die Lüftungslöcher dürfen nicht abgedeckt werden.

1.6 Gewährleistung und Reparatur

R&S®-Geräte unterliegen einer strengen Qualitätskontrolle. Jedes Gerät durchläuft vor dem Verlassen der Produktion einen 10-stündigen „Burn in-Test“. Anschließend erfolgt ein umfangreicher Funktions- und Qualitätstest, bei dem alle Betriebsarten und die Einhaltung der technischen Daten geprüft werden. Die Prüfung erfolgt mit Prüfmitteln, die auf nationale Normale rückführbar kalibriert sind. Es gelten die gesetzlichen Gewährleistungsbestimmungen des Landes, in dem das R&S®-Produkt erworben wurde. Bei Beanstandungen wenden Sie sich bitte an den Händler, bei dem Sie das R&S®-Produkt erworben haben.

Nur für die Länder der EU:
Um den Ablauf zu beschleunigen, können Kunden innerhalb der EU die Reparaturen auch direkt mit uns abwickeln. Auch nach Ablauf der Gewährleistungsfrist steht Ihnen unser Kundenservice für Reparaturen zur Verfügung.

Return Material Authorization (RMA):
Bevor Sie ein Gerät an uns zurücksenden, fordern Sie bitte in jedem Fall per Internet: http://www.hameg.com oder Fax eine RMA-Nummer an. Sollten Sie technische Unterstützung oder eine geeignete Verpackung (Originalkarton) benötigen, so kontaktieren Sie bitte unseren Service:
HAMEG Instruments GmbH
Service
Industriestr. 6
D-63533 Mainhausen
Telefon: +49 (0) 6182 800 500
Telefax: +49 (0) 6182 800 501
E-Mail: service@hameg.com

Auswechseln von Teilen, Wartung und Reparatur darf nur von R&S® autorisierten Fachkräften ausgeführt werden. Werden sicherheitsrelevante Teile ausgewechselt, so dürfen diese nur durch Originalteile ersetzt werden. Nach jedem Austausch von sicherheitsrelevanten Teilen ist eine Sicherheitsprüfung durchzuführen. Damit wird sichergestellt, dass die Sicherheit des Produkts erhalten bleibt.

Das Produkt darf nur von dafür autorisiertem Fachpersonal geöffnet werden. Vor Arbeiten am Produkt oder Öffnen des Produkts ist dieses von der Versorgungsspannung zu trennen, sonst besteht das Risiko eines elektrischen Schlages.

1.7 Wartung

Die Außenseite des Messgerätes sollte regelmäßig mit einem weichen, nicht fasernden Staubtuch gereinigt werden.

Die Anzeige darf nur mit Wasser oder geeignetem Glasreiniger (aber nicht mit Alkohol oder Lösungsmitteln) gesäubert werden, sie ist dann noch mit einem trockenen, sauberen, fusselfreien Tuch nachzureiben. Keinesfalls darf die Reinigungsflüssigkeit in das Gerät gelangen. Die Anwendung anderer Reinigungsmittel kann die Beschriftung oder Kunststoff- und Lackoberflächen angreifen.

Bevor Sie das Messgerät reinigen stellen Sie bitte sicher, dass es ausgeschaltet und von allen Spannungsversorgungen getrennt ist (z.B. speisendes Netz oder Batterie).

Keine Teile des Gerätes dürfen mit chemischen Reinigungsmitteln, wie z.B. Alkohol, Aceton oder Nitroverdünnung, gereinigt werden!

1.8 Messkategorie

Dieses Oszilloskop ist für Messungen an Stromkreisen bestimmt, die entweder gar nicht oder nicht direkt mit dem Netz verbunden sind. Das Gerät wird in keine Messkategorie eingestuft; die Eingangsspannung der analogen Eingänge CH1/CH2 darf 200 V (Spitzenwert) bzw. 150 V_{RMS} bei 1 MΩ Eingangswiderstand nicht überschreiten. Beim externen Triggereingang (TRIG. EXT.) darf die Eingangsspannung von 100 V (Spitzenwert) nicht überschritten werden. Transiente Überspannungen dürfen 200 V

(Spitzenwert) nicht überschreiten. Es dürfen nur Tastköpfe verwendet werden, die entsprechend DIN EN 61010-031 gebaut und geprüft sind, um transiente Überspannungen am Messeingang zu unterbinden. Der AUX OUT Anschluss ist ein Multifunktionsausgang, der als Komponententester, Trigger-Ausgang, Pass-Fail und Funktionsgenerator genutzt werden kann.

Bei Messungen in Messkreisen der Messkategorien II, III oder IV muss der verwendete Tastkopf die Spannung so reduzieren, dass keine transienten Überspannungen auftreten. Direkte Messungen (ohne galvanische Trennung) an Messstromkreisen der Messkategorie II, III oder IV sind unzulässig. Die Stromkreise eines Messobjekts sind dann nicht direkt mit dem Netz verbunden, wenn das Messobjekt über einen Schutz-Trenntransformator der Schutzklasse II betrieben wird. Es ist auch möglich, mit Hilfe geeigneter Wandler (z.B. Stromzangen), welche die Anforderungen der Schutzklasse II erfüllen, quasi indirekt am Netz zu messen. Bei der Messung muss die Messkategorie – für die der Hersteller den Wandler spezifiziert hat – beachtet werden.

Messkategorien
Die Messkategorien beziehen sich auf Transienten auf dem Netz. Transienten sind kurze, sehr schnelle (steile) Spannungs- und Stromänderungen, die periodisch und nicht periodisch auftreten können. Die Höhe möglicher Transienten nimmt zu, je kürzer die Entfernung zur Quelle der Niederspannungsinstallation ist.

Messkategorie IV: Messungen an der Quelle der Niederspannungsinstallation (z.B. an Zählern).
Messkategorie III: Messungen in der Gebäudeinstallation (z.B. Verteiler, Leistungsschalter, fest installierte Steckdosen, fest installierte Motoren etc.).
Messkategorie II: Messungen an Stromkreisen, die elektrisch direkt mit dem Niederspannungsnetz verbunden sind (z.B. Haushaltsgeräte, tragbare Werkzeuge etc.)
Keine Messkategorie (ehemals Messkategorie I): Elektronische Geräte und abgesicherte Stromkreise in Geräten.

1.9 Netzspannung

Das Gerät arbeitet mit 50 und 60 Hz Netzwechselspannungen im Bereich von 100 V bis 240 V (Toleranz ±10%) . Eine Netzspannungsumschaltung ist daher nicht vorgesehen. Die Netzeingangssicherung ist von außen zugänglich. Netzstecker-Buchse und Sicherungshalter bilden eine Einheit. Ein Auswechseln der Sicherung darf und kann (bei unbeschädigtem Sicherungshalter) nur erfolgen, wenn zuvor das Netzkabel aus der Buchse entfernt wurde. Dann muss der Sicherungshalter mit einem Schraubendreher herausgehebelt werden. Der Ansatzpunkt ist ein Schlitz, der sich auf der Seite der Anschlusskontakte befindet. Die Sicherung kann dann aus einer Halterung gedrückt und muss durch eine identische ersetzt werden (Angaben zum Sicherungstyp nachfolgend) . Der Sicherungshalter wird gegen den Federdruck eingeschoben, bis er eingerastet ist. Die Verwendung ,,geflickter" Sicherungen oder das Kurzschließen des Sicherungshalters ist unzulässig. Dadurch entstehende Schäden fallen nicht unter die Gewährleistung.

Sicherungstyp: IEC 60127 - T2.5H 250V, Größe 5 x 20 mm

1.10 Batterien und Akkumulatoren/Zellen

Werden die Hinweise zu Batterien und Akkumulatoren/Zellen nicht oder unzureichend beachtet, kann dies Explosion, Brand und/oder schwere Verletzungen von Personen, unter Umständen mit Todesfolge, verursachen. Die Handhabung von Batterien und Akkumulatoren mit alkalischen Elektrolyten (z.B. Lithiumzellen) muss der EN 62133 entsprechen.

1. Zellen dürfen nicht zerlegt, geöffnet oder zerkleinert werden.

2. Zellen oder Batterien dürfen weder Hitze noch Feuer ausgesetzt werden. Die Lagerung im direkten Sonnenlicht ist zu vermeiden. Zellen und Batterien sauber und trocken halten. Verschmutzte Anschlüsse mit einem trockenen, sauberen Tuch reinigen.

3. Zellen oder Batterien dürfen nicht kurzgeschlossen werden. Zellen oder Batterien dürfen nicht gefahrbringend in einer Schachtel oder in einem Schubfach gelagert werden, wo sie sich gegenseitig kurzschließen oder durch andere leitende Werkstoffe kurzgeschlossen werden können. Eine Zelle oder Batterie darf erst aus ihrer Originalverpackung entnommen werden, wenn sie verwendet werden soll.

4. Zellen und Batterien von Kindern fernhalten. Falls eine Zelle oder eine Batterie verschluckt wurde, ist sofort ärztliche Hilfe in Anspruch zu nehmen.

5. Zellen oder Batterien dürfen keinen unzulässig starken, mechanischen Stößen ausgesetzt werden.

6. Bei Undichtheit einer Zelle darf die Flüssigkeit nicht mit der Haut in Berührung kommen oder in die Augen gelangen. Falls es zu einer Berührung gekommen ist, den betroffenen Bereich mit reichlich Wasser waschen und ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen.

7. Werden Zellen oder Batterien, die alkalische Elektrolyte enthalten (z.B. Lithiumzellen), unsachgemäß ausgewechselt oder geladen, besteht Explosionsgefahr. Zellen oder Batterien nur durch den entsprechenden Typ ersetzen, um die Sicherheit des Produkts zu erhalten.

8. Zellen oder Batterien müssen wiederverwertet werden und dürfen nicht in den Restmüll gelangen. Akkumulatoren oder Batterien, die Blei, Quecksilber oder Cadmium enthalten, sind Sonderabfall. Beachten Sie hierzu die landesspezifischen Entsorgungs- und Recycling-Bestimmungen.

1.11 Produktentsorgung

Abb. 1.2:
Produktkennzeichnung nach EN 50419

Das ElektroG setzt die folgenden EG-Richtlinien um:
- 2002/96/EG (WEEE) für Elektro- und Elektronikaltgeräte und
- 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektronikgeräten (RoHS-Richtlinie).

Am Ende der Lebensdauer des Produktes darf dieses Produkt nicht über den normalen Hausmüll entsorgt werden. Auch die Entsorgung über die kommunalen Sammelstellen für Elektroaltgeräte ist nicht zulässig. Zur umweltschonenden Entsorgung oder Rückführung in den Stoffkreislauf übernimmt die HAMEG Instruments GmbH die Pflichten der Rücknahme- und Entsorgung des ElektroG für Hersteller in vollem Umfang.

Wenden Sie sich bitte an Ihren Servicepartner vor Ort, um das Produkt zu entsorgen.

2 Einführung

2.1 Vorderansicht

An der Frontseite befindet sich eine Taste 1, um den Ruhezustand ein- oder auszuschalten. Befindet sich das Gerät im Ruhemodus, leuchtet diese Taste rot. Wenn das Gerät mit dem Schalter auf der Rückseite ausgeschaltet wird, erlischt diese LED (dies dauert einige Sekunden). Ebenfalls auf der Frontseite befindet sich das Bedienfeld für die Einstellungen 2, A, B, C, D, die BNC Anschlüsse der analogen Eingangskanäle 45 und 46, der externe Trigger Anschluss 47, die Tastkopfkompensations- 49 und Bussignalquelle 48, die Anschlüsse für den optionalen Logiktastkopf HO3508 50, ein USB Port für USB-Sticks 52 und der TFT-Bildschirm 53. Über die Buchse AUX OUT 51 kann u.A. ein Pass/Fail Test oder auch ein Komponententest durchgeführt werden.

An den Anschluss für den aktiven Logiktastkopf 50 darf nur ein Logiktastkopf vom Typ HO3508 angeschlossen werden, ansonsten besteht die Gefahr der Zerstörung der Eingänge!

2.2 Bedienpanel

Mit den Tasten auf dem Bedienpanel haben Sie Zugriff auf die wichtigsten Funktionen. Erweiterte Einstellungen sind komfortabel mittels Menüstruktur und den grauen Softmenütasten erreichbar. Der Ruhezustandknopf 1 ist deutlich durch die Form hervorgehoben. Die wichtigsten Knöpfe sind mit farbigen LED's hinterlegt, damit man sofort die jeweilige Einstellung erkennen kann. Das Bedienpanel ist in vier Abschnitte gegliedert.

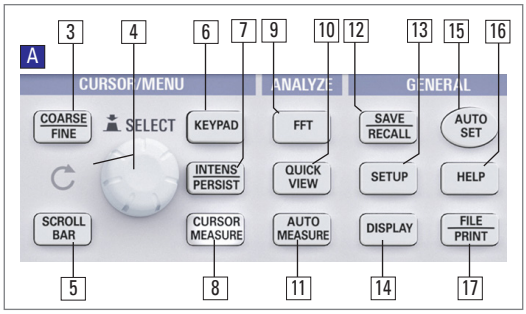


Abb. 2.2: Bedienfeldabschnitt A

Abschnitt A

Dieser Abschnitt umfasst die drei Bereiche CURSOR/MENU, ANALYZE und GENERAL.

Im Bereich Cursor/Menu befinden sich die Cursorfunktionen 8, der Universaldrehgeber 4, der Intensitäts/Persistence Einstellknopf 7, die Taste zum Aufrufen einer virtuellen Tastatur 6, der Umschalter zwischen Grob- und Fein-Auflösung für den Universaldrehgeber 4 sowie die Anwahl des virtuellen Bildschirmes 5. Der Analyze Bereich ermöglicht direkten Zugriff auf die Umschaltung der Ansicht in den Frequenzbereich 9, auf die Quickview 10 Anzeige (alle wichtigen Parameter in der aktiven Kurve) sowie die Einstellungen zur automatischen Messung 11. Im Bereich General befindet sich die Taste Save/Recall 12 mit der alle Einstellungen zum Laden und Abspeichern von Geräteeinstellungen, Referenzkurven, Kurven und Bildschirmfotos möglich sind.

Weitere Tasten ermöglichen den Zugriff auf die allgemeinen Einstellungen 13 (wie zum Beispiel der Sprache), die Einstellfunktionen des Bildschirms 14, das Autosetup 15

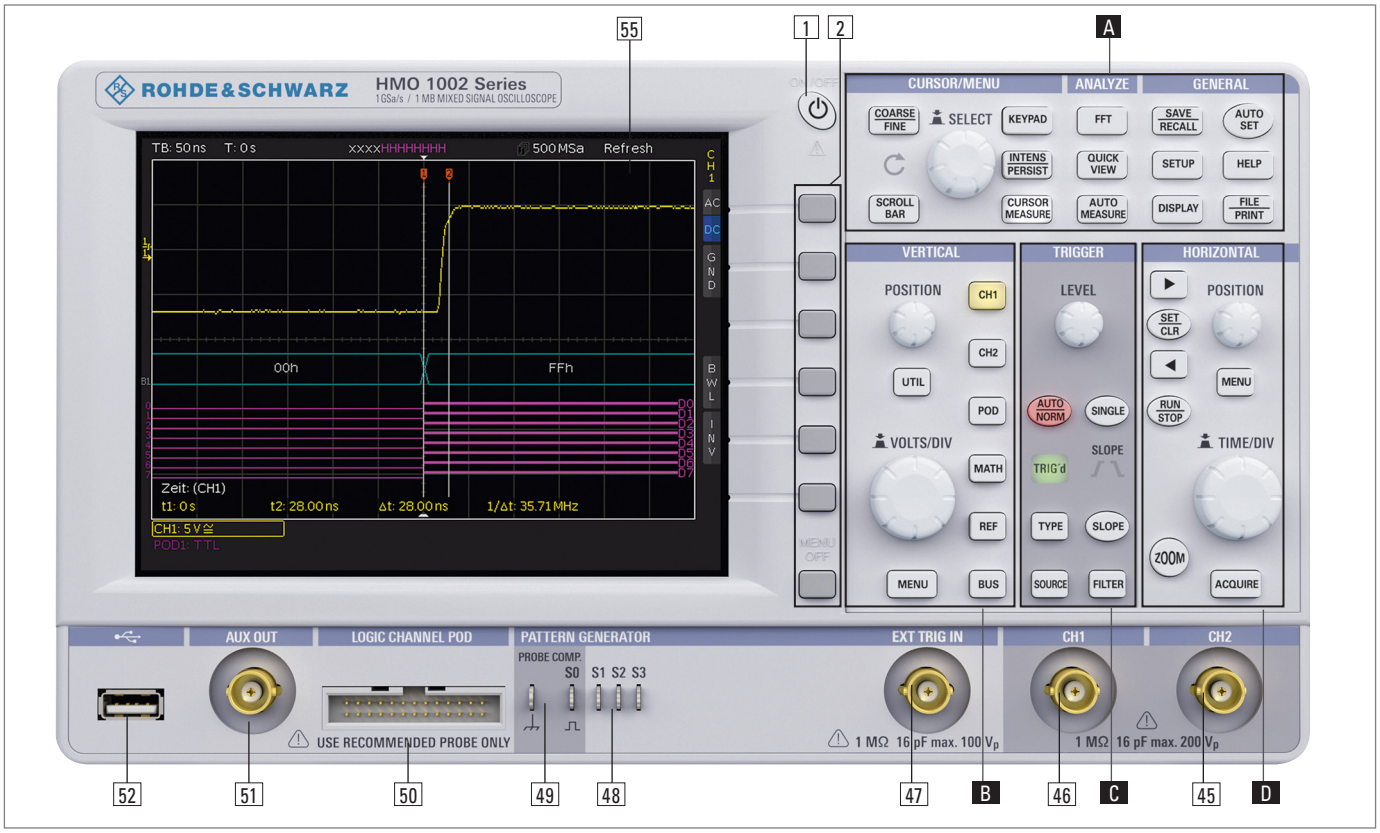


Abb. 2.1: Frontansicht R&S®HMO1002

sowie die integrierte Hilfe [16] und die Taste FILE/PRINT [17] welche je nach Programmierung das direkte Abspeichern von Geräteeinstellungen, Kurven oder Bildschirmfotos ermöglicht.

Abschnitt B:
Im Bereich VERTICAL befinden sich alle Einstellmöglichkeiten der analogen Kanäle, wie die Y-Position [18], die Umschaltung in den XY Anzeigebetrieb und den Komponententester (UTIL Menü) [19], die vertikale Verstärkung [20], weitergehende Menüs [21], die Kanalwahl [22] bis [23], sowie des optionalen Logiktastkopfes HO3508 [24]. Außerdem befindet sich hier der Zugang zur Mathematik [25], den Referenzkurven- [26] und den Buseinstellungen [27].

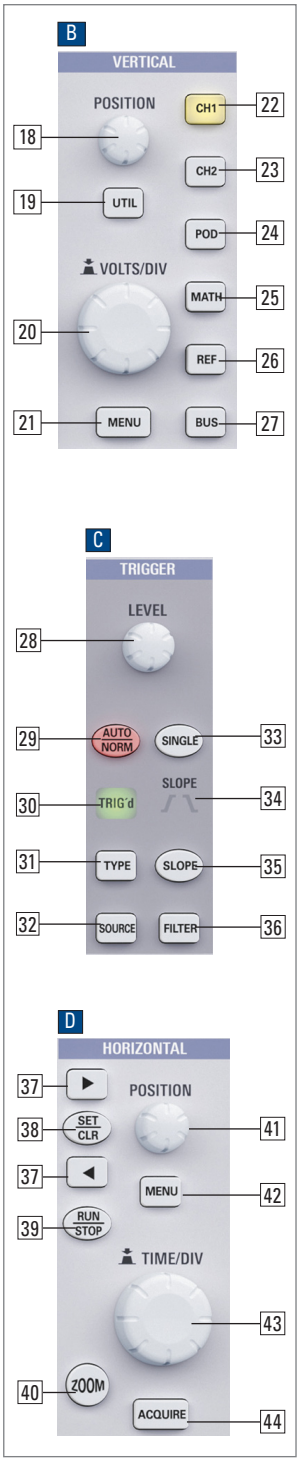


Abb. 2.3:
Die Bedienfelder B, C und D

Abschnitt C:
Der Abschnitt TRIGGER stellt alle Funktionen zum Einstellen des Triggerpegels [28], der Umschaltung zwischen Auto- und Normalbetrieb [29], des Triggertyps [31], der Quelle [32], der einmaligen Triggerauslösung [33], der Umschaltung der Triggerflanke [35] sowie Einstellungen zur Triggerfilterbedingung [36] zur Verfügung. Zusätzlich stehen Statusanzeigen zur Verfügung, ob ein Signal die Triggerbedingungen erfüllt [30] und welche der Flanken genutzt werden [34].

Abschnitt D:
Im Abschnitt HORIZONTAL erfolgt die Einstellung der Horizontalposition des Triggerzeitpunktes oder das Setzen und Navigieren von Markern über Drucktasten [37] [38] [39] in Schritten oder variabel mit dem kleineren Drehknopf [41]. Zusätzlich lässt sich im Menü eine Suchfunktion nach Ereignissen konfigurieren. Die Auswahl des Run- oder Stop Modus erfolgt mit der hinterleuchteten Taste [39], wobei im Stop Modus die Taste rot leuchtet. Die Zoom-Aktivierung [40], die Auswahl der Erfassungsmodi [44], die Zeitbasiseinstellung [43] sowie den Zugriff auf das Zeitbasismenü [42] sind ebenfalls in diesem Abschnitt verfügbar. Zusätzlich befinden sich rechts neben dem Bildschirm die Softmenütasten [2], mit denen die Menüsteuerung erfolgt.

2.3 Bildschirm

Der R&S®HMO1002 ist mit einem 6,5 Zoll (16,51 cm), mit LED hinterleuchtetem TFT Farbbildschirm mit einer VGA Auflösung (640 x 480 Pixel) ausgestattet. In der Normaleinstellung (ohne eingeblendete Menüs) verfügt der Bildschirm über 12 Skalenteile auf der Zeitachse. Diese wird bei Einblendung von Menüs auf 10 Skalenteile reduziert. Am linken Rand der Anzeige werden Informationen zum Bezugspotential der Kanäle mit kleinen Pfeilen markiert. Die Zeile oberhalb des Gitters enthält Status und Einstellungsinformationen, wie die eingestellte Zeitbasis, die Triggerverzögerung und sonstige Triggerbedingungen, die aktuelle Abtastrate und die Erfassungsart. Rechts neben dem Gitter wird ein Kurzmenü für die wichtigsten Einstellungen des jeweils aktiven Kanales dargestellt, welche mit den Softmenütasten ausgewählt werden können. Im unteren Bildschirmteil werden die Messergebnisse der automatischen Messungen und Cursors, sowie die vertikalen Einstellungen der eingeschalteten Kanäle, Referenzen und Mathematikkurven angezeigt. Im Gitter selbst werden die Signale der eingeschalteten Kanäle dargestellt. Dieses stellt 8 Skalenteile gleichzeitig dar, verfügt aber über eine virtuelle Erweiterung auf 20 Skalenteile, welche mit Hilfe der Taste Scroll/Bar [5] angezeigt werden können.

2.4 Allgemeines Bedienkonzept

Das allgemeine Bedienkonzept beruht auf einigen wenigen Grundprinzipien, die sich bei verschiedensten Einstellungen und Funktionen wiederholen.

- Tasten, die kein Softmenü öffnen (wie z.B. SCROLL BAR), schalten eine bestimmte Funktion ein. Das nochmalige Drücken dieser Taste schaltet die Funktion wieder aus.
- Tasten, mit denen beim einfachen Druck ein Softmenü geöffnet wird, schließen dieses beim zweiten Druck wieder.
- Der Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld dient in den Menüstrukturen je nach Erfordernissen dazu, Zahlenwerte einzustellen, Unterpunkten zu wählen und ggfs. durch Druck zu bestätigen. Außerdem dient er bei eingeschalteten Cursor-Messungen zur Auswahl des Cursors.
- Die unterste Softmenütaste MENU OFF schließt das aktuelle Menü oder schaltet zurück auf die nächsthöhere Ebene.
- Kanäle werden, wenn der Kanal ausgeschaltet ist, durch Druck der entsprechenden Taste eingeschaltet. Wenn der jeweilige Kanal schon eingeschaltet ist, aber ein anderer Kanal ausgewählt wird (Taste leuchtet), so springt die Auswahl auf den Kanal, dessen Taste betätigt wurde.
- Die COARSE/FINE-Taste dient dazu, die Auflösung des Universaldrehgebers im CURSOR/MENU Bedienfeld zwischen grob und fein umzuschalten. Wenn die Taste leuchtet, ist die feine Auflösung aktiv.

In den Softmenüs gibt es einige häufig verwendete Navigationselemente, die im folgenden beschrieben werden. Entweder wird das jeweilige Element mit der zugehörigen Softmenütaste ausgewählt und blau hinterlegt oder ein Druck der Softmenütaste bewirkt ein Umschalten

zwischen den Funktionsmöglichkeiten. Wenn es sich um Funktionen handelt, die eingeschaltet und auch Werteeinstellungen erfordern, wird zwischen AUS und Einstellwert umgeschaltet (z.B. Funktion ZEIT-OFFSET). Der runde Pfeil im Menüfenster deutet darauf hin, dass zum Einstellen des Wertes der Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld genutzt werden kann. Wenn die jeweilige Funktion eine weitere Menüebene enthält, so wird dies mit einem kleinen Dreieck rechts unten im Menüpunkt angezeigt. Sind weitere Menüseiten verfügbar, so wird zur Navigation auf dieser Ebene der unterste Menüpunkt genutzt. Er beinhaltet die Anzahl der Menüseiten auf dieser Ebene und gibt die aktuelle Seitenzahl an. Mit dem Druck auf die entsprechende Softmenütaste wird immer eine Seite weitergeschaltet, nach der Letzten folgt immer die Erste.

2.5 Grundeinstellungen und integrierte Hilfe

Wichtige Grundeinstellungen, wie die Sprache der Benutzeroberfläche und die integrierte Hilfe, allgemeine Einstellungen sowie Schnittstelleneinstellungen werden mittels SETUP-Taste im GENERAL Bedienfeld vorgenommen.
Auf der ersten Seite des Menüs kann die Sprache der Bedienoberfläche und Hilfe ausgewählt werden. Der Menüpunkt SCHNITTSTELLE führt zu den Schnittstellenkonfigurationen (USB oder Ethernet). Der Menüpunkt DRUCKER umfasst Einstellungen für POSTSCRIPT und PCL kompatible Drucker. Nach dem Drücken dieser Softmenutaste öffnet sich ein Untermenü, in welchem das Papierformat und der Farbmodus eingestellt werden können. Mit dem obersten Menüpunkt PAPIERFORMAT kann mit der zugeordneten Softmenütaste zwischen den Formaten A4, A5, B5, B6, Executive, Letter und Legal in Hoch und Querformat gewählt werden. Mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld wird das gewünschte Format ausgewählt, welches anschließend auf der Softmenütaste aufgeführt ist.
Mit der Softmenütaste FARBMODUS kann mit derselben Einstellungsmethode zwischen Graustufen, Farbe und Invertiert gewählt werden. Der Graustufenmodus wandelt das Farbbild in ein Graustufenbild, welches auf einem Schwarz-Weiß-Postscriptdrucker ausgegeben werden kann. Im Modus Farbe wird das Bild farblich wie auf dem Bildschirm angezeigt ausgedruckt (schwarzer Hintergrund). Der Modus Invertiert druckt ein Farbbild mit weißem Hintergrund auf einem Farbdrucker aus, um Toner bzw. Tinte zu sparen.

Das Softmenü GERÄTEINFORMATIONEN öffnet ein Fenster mit detaillierten Informationen über Hardware und Software des Messgerätes. Mit der Softmenütaste GERÄTENAME kann ein Name mit max.19 Buchstaben definiert werden, welcher bei Bildschirmausdrucken mit aufgeführt wird. Im Softmenü MENÜ AUS kann gewählt werden, ob die Softmenüs manuell oder nach 4-30 s automatisch geschlossen werden sollen. Mit der Softmenütaste GERÄTE-LOGO IM AUSDRUCK kann gewählt werden, ob das R&S Logo im Ausdruck oben rechts erscheinen soll oder nicht.

Das Softmenü AKTUALISIERUNG für die Geräte- und Hilfeaktualisierung und LIZENZEN für das Upgrade von Softwareoptionen werden in den folgenden Kapiteln ausführlich beschrieben. Das Softmenü DATUM & ZEIT dient zum Einstellen von Datum und Uhrzeit. Das Softmenü SOUND dient zum Einstellen der Sound-Optionen. Es kann ein Ton als Kontrollton bei Einstellungen, im Fehlerfall und bei Trigger aktiviert werden.

Die integrierte Hilfe wird durch Druck auf die HELP-Taste im GENERAL Bedienfeld aktiviert. Es wird ein Fenster mit Erklärungstexten geöffnet. Der Text im Hilfefenster wird dynamisch mit den Beschreibungen der jeweils aufgerufenen Einstellung oder Funktion aktualisiert. Wird die Hilfe nicht mehr benötigt, so wird diese durch erneuten Druck auf die HELP-Taste deaktiviert. Dadurch erlischt die Tasten-LED und das Textfenster für die Hilfe wird geschlossen.

2.6 Gerätefirmware-, Hilfe- und Sprach-Update

Der R&S®HMO1002 wird ständig weiterentwickelt. Die aktuelle Firmware kann unter www.hameg.com heruntergelden werden. Die Firmware und Hilfe (falls verfügbar) ist in eine ZIP-Datei gepackt. Ist die ZIP-Datei heruntergeladen, wird diese auf einen USB Stick in dessen Basisverzeichnis entpackt. Anschließend wird der USB-Stick mit dem USB Port am Oszilloskop verbunden und die Taste SETUP im GENERAL Bedienfeld betätigt. Das Softmenü AKTUALISIERUNG befindet sich auf Seite 2|2. Nach Anwahl dieses Softmenüs öffnet sich ein Fenster, in dem die aktuell installierte Firmwareversion mit Angabe der Versionsnummer, des Datums und der Build-Information angezeigt wird. Gerätefirmware oder Hilfe können hier aktualisiert werden.

Wird die Softmenütaste zur Gerätefirmwareaktualisierung betätigt, so wird die entsprechende Datei auf dem Stick gesucht und die Informationen der neu zu installierenden Firmware auf dem USB Stick unter der Zeile NEU: angezeigt. Sollte die Firmware auf dem Gerät der aktuellsten Version entsprechen, so wird die Versionsnummer rot angezeigt, ansonsten erscheint die Versionsnummer in grün. Nur in diesem Falle sollte die Aktualisierung durch Drücken der Softmenütaste AUSFÜHREN gestartet werden. Wenn die Hilfe aktualisiert oder eine zusätzliche Hilfesprache hinzugefügt werden soll, so wird der Menüpunkt HILFE im Aktualisierungsmenü gewählt.

Es können maximal 4 Sprachen gleichzeitig installiert werden. Sind bereits alle Sprachplätze vergeben, muss erst eine vorhandene gelöscht werden, bevor die neue Sprache installiert werden kann.

Im Informationsfenster werden neben den installierten Sprachen mit der Datumsinformation die entsprechenden Informationen zu den verfügbaren Sprachen auf dem USB Stick angezeigt. Mit dem Softmenü lassen sich Sprachen hinzufügen, entfernen oder aktualisieren. Bitte beachten Sie das Datumsformat (JJJJ-MM-TT), welches bei der mehrsprachigen Hilfe der ISO Norm 8601 folgt.

2.7 Optionen / Voucher

Der R&S®HMO1002 verfügt über Optionen, mit denen die Anwendungsbreite des Gerätes vergrößert werden kann (wie z.B. Bandbreiten-Upgrade oder Busanalyse Funk-

tionen). Derzeit sind die Optionen HOO10/HOO11/HOO12 bzw. HOO512/HOO712/HOO572 verfügbar. Die Bandbreiten-Optionen HOO572, HOO512 und HOO712 bzw. die Busanalyse-Funktionen HOO10, HOO11 und HOO12 können ab Werk mit einem R&S®HMO1002 erworben werden. Die Bandbreiten-Upgrade Voucher HV572, HV512 und HV712 bzw. die Busanalyse-Upgrade Voucher HV110, HV111 und HV112 dagegen ermöglichen ein nachträgliches Upgrade über einen Lizenzschlüssel. Die installierten Optionen bzw. Voucher können unter Geräte-Informationen im SETUP Menü überprüft werden.

Beschreibung	HMO 1002 Optionen[1])	Upgrade Voucher[2])
Bandbreiten-Upgrade von 50 MHz auf 70 MHz	HOO572	HV572
Bandbreiten-Upgrade von 50 MHz auf 100 MHz	HOO512	HV512
Bandbreiten-Upgrade von 70 MHz auf 100 MHz	HOO712	HV712
I²C, SPI, UART/RS-232 Trigger und Dekodieroption auf den Analog- und Digitalkanälen	HOO10	HV110
I²C, SPI, UART/RS-232 Trigger und Dekodieroption auf Analogkanälen	HOO11	HV111
CAN/LIN Trigger und Dekodieroption auf den Analog- und Digitalkanälen	HOO12	HV112

Tab. 2.1: Übersicht R&S®HMO1002 Optionen / Voucher

1) nur bei Bestellung zusammen mit einem R&S®HMO1002

2) nachträgliche Freischaltung der R&S®HMO1002 Optionen durch Upgrade Voucher

Der Lizenzschlüssel wird über die Homepage http://voucher.hameg.com nach Eingabe des Voucher-Code generiert („SERIENNUMMER.hlk"). Diese Datei ist eine ASCII Datei und kann mit einem Editor geöffnet werden. Darin kann der eigentliche Schlüssel im Klartext gelesen werden. Um die gewünschte Option mit diesem Schlüssel im Gerät freizuschalten gibt es zwei Verfahren: das automatisierte Einlesen oder die manuelle Eingabe. Die schnellste und einfachste Möglichkeit ist das automatisierte Einlesen über einen USB Stick. Die Lizenzdatei wird auf einem USB Stick gespeichert und anschließend über den FRONT-USB-Anschluss in das Gerät geladen. Nach Betätigen der Taste SETUP im GENERAL Bedienfeld des HMO öffnet sich das SETUP-Menü. Auf Seite 2|2 befindet sich das Menü LIZENZEN. Die Softmenütaste AUS LIZENZDAT. LESEN öffnet den Dateimanager. Mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld kann die entsprechende Lizenzdatei ausgewählt und anschließend mit der Softmenütaste LADEN geladen werden. Nun wird der Lizenzschlüssel geladen und die Option steht nach einem Neustart des Gerätes umgehend zur Verfügung. Alternativ kann der Lizenzschlüssel manuell eingegeben werden. Dazu wird die Softmenütaste SCHLÜSSEL MAN. EINGEBEN gewählt. Dies öffnet ein Eingabefenster, in dem man mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld den Lizenzschlüssel manuell eingeben kann. Ist der gesamte Schlüssel eingegeben, wird die Eingabe mit der Softmenütaste ANNEHMEN übernehmen. Nach einem Neustart des Gerätes ist die Option aktiviert.

2.8 Selbstabgleich

Der R&S®HMO1002 verfügt über einen integrierten Selbstabgleich, um die höchstmögliche Genauigkeit zu erzielen. Im allgemeinen Selbstabgleich werden die vertikale Genauigkeit, der Offset, die Zeitbasis sowie einige Triggereinstellungen justiert und die ermittelten Korrekturwerte im Gerät abgespeichert.

Das Gerät muss warmgelaufen sein (mind. 20 Minuten eingeschaltet) und alle Eingänge müssen „frei" sein, d.h. angeschlossene Kabel oder Tastköpfe müssen entfernt werden.

Im Menü SETUP wird auf Seite 1|2 mit der Softmenütaste SELBSTABGL. der Selbstabgleich durch Drücken der Softmenütaste START gestartet. Die Abgleichprozedur dauert etwa 5-10 Minuten, wobei die gerade durchgeführten Schritte dargestellt und der jeweilige Fortschritt über Balken angezeigt werden.

Sollte beim Selbstabgleich ein Fehler auftreten, obwohl der Abgleich wie beschrieben durchgeführt wurde, so schicken Sie bitte eine exportierte .log Datei (siehe Selbstabgleichmenü) an support@hameg.com. Diese lässt sich auf einem USB Stick speichern.

2.8.1 Selbstabgleich Logiktastkopf

Im Selbstabgleich für den optionalen Logiktastkopf HO3508 werden vorrangig die Schaltpegel abgeglichen. Um den Selbstabgleich des Logiktastkopfes zu starten, muss ein Logiktastkopf HO3508 an das Oszilloskop angeschlossen sein. Allerdings dürfen die Bitleitungen nicht kontaktiert sein. Im Menü SETUP wird auf Seite 1|2 im Selbstabgleichmenü mit der Softmenütaste LOGIK PROBE der Selbstabgleich gestartet. Der Ablauf ist ähnlich dem allgemeinen Geräteabgleich, dauert allerdings nur einige Sekunden.

2.9 Education Mode

Der Education Mode bietet die Möglichkeit, die AUTOSET, QUICK VIEW- und Auto-Messfunktionen zu deaktivieren. Beim Aktivieren dieses Modus (Funktion blau markiert) erscheint ein Hinweisfenster auf dem Bildschirm. Zusätzlich wird im Startbildschirm, in den Geräteinformationen und auf einem Screenshot auf den aktivierten Education Mode hingewiesen. Zum Deaktivieren dieses Modus wird die Softmenütaste EDUCATION MODE erneut betätigt und die blaue Markierung erlischt.

2.10 Geräterückseite

Auf der Rückseite des Gerätes befindet sich die Ethernet/USB Schnittstelle, welche fest im Gerät installiert ist. Optionale Schnittstellen sind nicht verfügbar.

3 Schnelleinstieg

Im folgenden Kapitel werden Sie mit den wichtigsten Funktionen und Einstellungen Ihres neuen R&S®HMO1002 vertraut gemacht, so dass Sie das Gerät umgehend einsetzen können. Als Signalquelle wird der eingebaute Adjust-Ausgang genutzt, so dass Sie keine zusätzlichen Geräte für die ersten Schritte benötigen.

3.1 Aufstellen und Einschalten des Gerätes

Ergonomisch gut ist das Gerät aufgestellt, wenn sie die Füße ausklappen, so dass das Display leicht nach oben geneigt ist. Stecken Sie nun das Stromkabel in die Buchse auf der Rückseite des Gerätes. Durch Drücken des Ein/Aus Schalters auf der Rückseite und ggfs. der Ruhezustandtaste 1 auf der Vorderseite schalten Sie das Gerät ein. Nach wenigen Sekunden erscheint die Anzeige und das Oszilloskop ist messbereit. Halten Sie jetzt bitte die AUTOSET-Taste 15 gedrückt, bis ein Signalton ertönt. Dadurch setzen Sie die wichtigsten Einstellungen des Oszilloskops auf die jeweiligen Standardeinstellungen zurück.

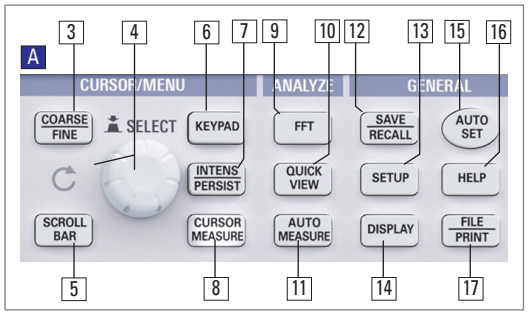


Abb. 3.1: Bedienfeldabschnitt A

3.2 Anschluss eines Tastkopfes und Signalerfassung

Die passiven Tastköpfe sollten vor dem ersten Einsatz abgeglichen werden. Die Vorgehensweise entnehmen Sie bitte den Tastkopfbeschreibungen. Legen Sie den Tastkopf dazu in die vorgesehene Auflage des ADJ.-Ausgangs.

Entnehmen Sie nun einen mitgelieferten Tastkopf und entfernen die Schutzkappe von der Spitze. Stecken Sie die Kompensationsbox des Tastkopfes auf den BNC Anschluss von Kanal 1 und verriegeln diesen durch Drehen nach rechts, bis er spürbar einrastet. Am rechten Bildschirmrand sehen Sie das Kurzmenü von CH1, mit dem Sie oft genutzte Einstellungen sofort mit der jeweiligen Softmenütaste ändern können. Drücken Sie einmal die oberste Softmenütaste, um die Eingangskopplung auf DC umzuschalten.

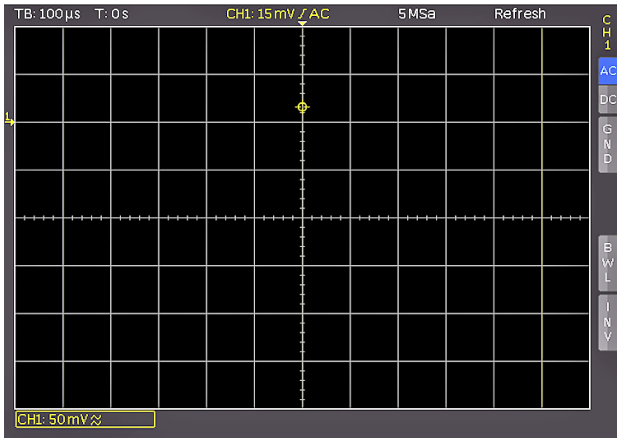


Abb. 3.2: Bildschirm nach Anschluss des Tastkopfes

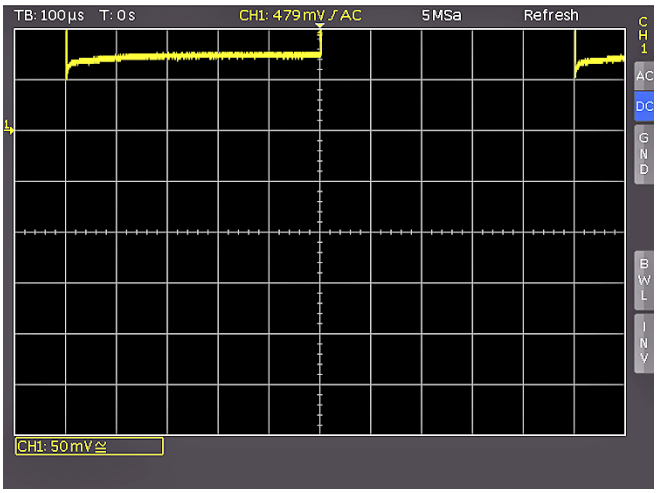


Abb. 3.3: Bildschirm nach Umstellen auf DC Kopplung

Zum Abschluss drücken Sie einmal kurz die AUTOSET-Taste 15. Nach wenigen Sekunden hat das Oszilloskop die Verstärker-, Zeitbasis- und Triggereinstellungen automatisch vorgenommen. Sie sehen nun ein Rechtecksignal.

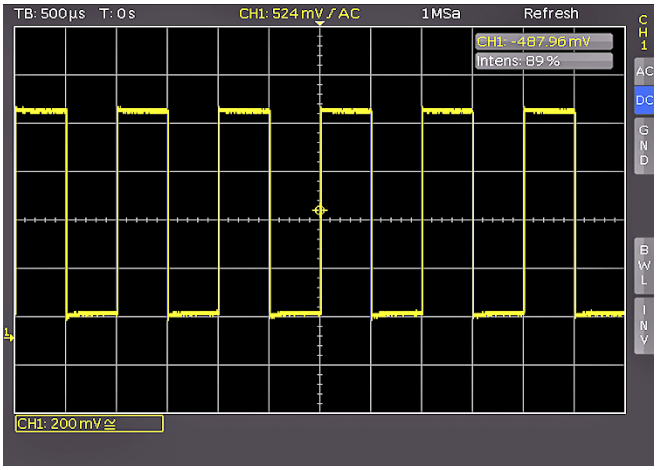


Abb. 3.4: Bildschirm nach Autosetup

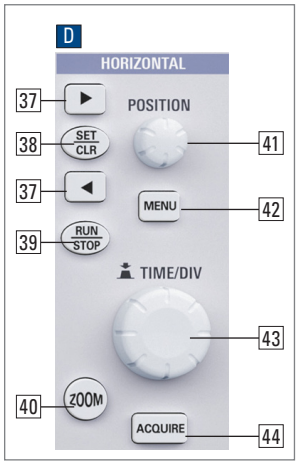


Abb. 3.5: Teil D des Bedienfeldes mit Zoomtaste

3.3 Betrachten von Signaldetails

Mit dem Zeitbasisknopf 43 können Sie das aufgenommene Zeitfenster verändern. Durch Drehen nach links vergrößern Sie die Zeitbasis. Drehen Sie den Zeitbasisknopf solange nach links, bis Sie links oben auf dem Bildschirm „TB:5ms“ ablesen. Drücken Sie jetzt die Taste ZOOM 40. Sie erhalten eine Zweifenster-Darstellung. Im oberen Fenster sehen Sie das gesamte aufgenommene Signal, darun-

ter einen vergrößerten Ausschnitt. Mit dem Zeitbasisknopf können Sie jetzt den Dehnungsfaktor einstellen und mit dem kleinen Drehknopf die X-Position des Ausschnittes justieren. Mit einem erneuten Druck auf die ZOOM-Taste 40 schalten Sie diesen Modus wieder aus.

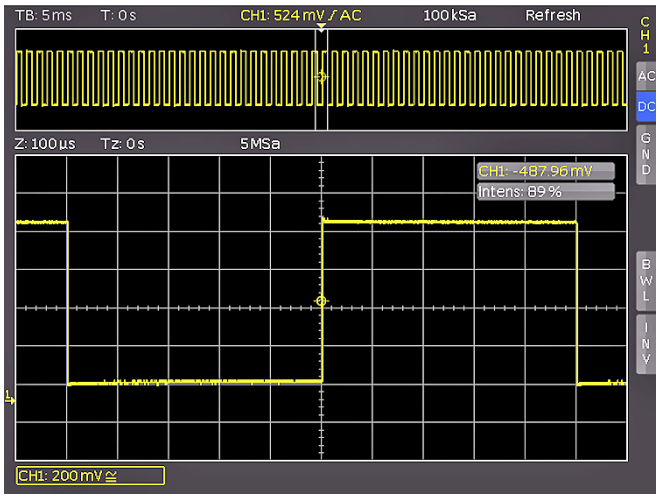


Abb. 3.6: Zoomfunktion

3.4 Cursor-Messungen

Nachdem Sie das Signal auf dem Bildschirm dargestellt und auch im Detail angesehen haben, soll es mit den Cursors vermessen werden. Drücken Sie erneut kurz die AUTOSET-Taste und anschließend die CURSOR/MEASURE-Taste. Nun können Sie im geöffneten Menü die Art des Messcursor auswählen. Dazu drücken Sie die oberste Softmenütaste MESSART, um das entsprechende Auswahlmenü zu öffnen. Mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld wählen Sie den Eintrag V-MARKER. Schließen Sie das Menü mit der MENU OFF-Taste. Jetzt werden zwei Cursors im Signal sowie die Messergebnisse unten rechts im Display angezeigt. Wählen Sie den aktiven Cursor mit Druck auf den Universaldrehgeber aus und positionieren ihn. Die Messwerte der Cursors können Sie im Bild unten rechts entnehmen. Dort werden im gewählten Fall des V-Marker die Spannungen an beiden Cursorpositionen, deren Differenz, sowie die zeitliche Differenz der Cursorpositionen angezeigt. Das Ausschalten der Cursors erfolgt durch erneutem Druck auf die Cursor Measure Taste.

3.5 Automatische Messungen

Neben den Cursor-Messungen sind die wichtigsten Kennwerte einer Signalkurve durch automatische Messungen darstellbar. Ihr Oszilloskop bietet Ihnen zwei Möglichkeiten:

- die Definition der Darstellung von 6 Parametern auch aus unterschiedlichen Quellen,
- die schnelle Darstellung aller wichtigen Parameter innerhalb einer Quelle mit der QUICK VIEW-Funktion.

Bitte ändern Sie die Zeitbasis auf 100µs pro Skalenteil und drücken dann die Taste QuickView 10. Die wichtigsten Parameter werden eingeblendet:

- positive und negative Spitzenspannung,
- Anstiegs- und Abfallzeit,
- Mittelwert.

Unter dem Messgitter werden 10 weitere Parameter angezeigt:

- RMS,
- Frequenz,
- Amplitude,
- pos. Pulsbreite,
- pos. Tastverhältnis,
- Spitze-Spitze Spannung,
- Periodendauer,
- Anzahl steigender Flanken
- neg. Pulsbreite,
- neg. Tastverhältnis,

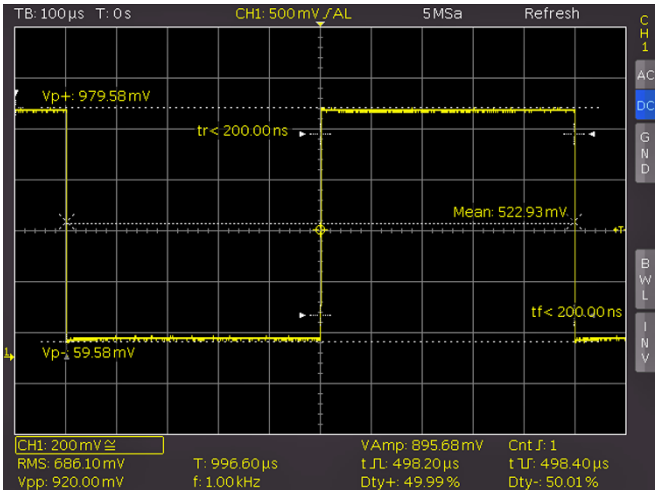


Abb. 3.7: Quickview Parametermessung

Somit haben Sie mit einem Tastendruck alle verfügbaren Parameter im Blick, die das Signal charakterisieren. Diese Funktion wird immer auf den gerade aktiven Anzeigekanal angewendet. Sie können auch Parameter von unterschiedlichen Kurven anzeigen. Dazu schalten Sie durch erneuten Druck auf die Taste QUICKVIEW 10 diesen Modus wieder aus, schalten den CH2 durch Drücken der Taste CH2 23 ein und öffnen das AUTO MEASURE 11 Menü: Die Softmenütaste MESSPLATZ öffnet eine Liste und sie können mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld den entsprechenden Messplatz auswählen. Die Parameter werden unten im Bildschirm angezeigt und können definiert werden.

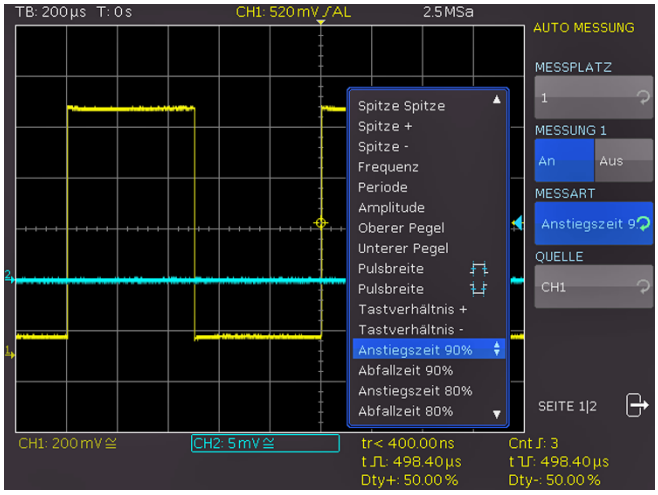


Abb. 3.8: Parameterauswahl

Nachdem Sie mit der entsprechenden Softmenütaste einen Parameter ausgewählt haben, nutzen Sie den Universaldrehgeber 4 im CURSOR/MENU Bedienfeld, um die Auswahl vorzunehmen. Dieses Verfahren wird in allen Softmenüs, in denen Auswahlmöglichkeiten existieren, an-

gewendet. In diesem Beispiel drücken Sie die Softmenütaste MESSART und wählen mit dem Universaldrehgeber als Parameter die Anstiegszeit.

Drücken Sie jetzt die Taste CH2 im VERTICAL Bedienfeld und schalten damit den Kanal 2 ein. Gehen Sie durch Drücken der Taste AUTOMEASURE in das Definitionsmenü zurück. Wählen Sie Messplatz 1, Messart Mean und Quelle CH1. Nun wählen Sie mit der oberen Softmenütaste MESSPLATZ den zweiten Messplatz. Diesen definieren Sie jetzt wie zuvor als RMS-Wert der Spannung von CH2. Nach dem Schließen des Menüs kann man die Parameter eindeutig zuordnen, da sie in der Farbe des Quellsignales (hier gelb für Kanal 1 und blau für Kanal 2) dargestellt werden.

3.6 Mathematikeinstellungen

Neben den Cursor- und automatischen Messungen können auch mathematische Operationen auf die Signale angewandt werden. Der Druck auf die Taste Math [26] öffnet ein Kurzmenü, mit dem man eine Addition, Subtraktion, Multiplikation oder Division zweier analoger Kanäle vornehmen kann und schaltet die Anzeige der Mathematikkurve ein. Die oberste Softmenütaste ermöglicht dabei die Auswahl des einen Operanden, die darunterliegende wählt den Operator und die darunterliegende Softmenütaste den zweiten Operanden aus. Für die Operanden sind nur die Kanäle verfügbar, die auch eingeschaltet sind und damit angezeigt werden. Es müssen die entsprechend in der Funktion gewählten Quellen eingeschaltet sein, damit die Mathematikkurve berechnet und die Ergebniskurve angezeigt werden kann.

3.7 Daten abspeichern

Ihr HMO kann 4 verschiedene Arten von Daten abspeichern:

- Geräteeinstellungen
- Referenzsignale
- Kurven
- Bildschirmfotos

Von diesen Datenarten lassen sich nur Kurven und Bildschirmfotos auf einem angeschlossenen USB-Stick abspeichern. Alle anderen Einstellungen lassen sich sowohl auf einem USB-Stick, als auch intern in einem nichtflüchtigen Speicher im Gerät ablegen. Um die gewünschten Daten speichern zu können, müssen Sie die Art und das Speicherziel festlegen. Verbinden Sie zunächst einen USB-Stick mit dem vorderen USB-Anschluss Ihres Oszilloskops.

Drücken Sie nun die Taste SAVE/RECALL [12], um das entsprechende Menü zu öffnen. Wählen Sie nun die gewünschte Speicherart durch Drücken der entsprechenden Softmenütaste (in unserem Beispiel Bildschirmfoto), um in das Einstellungsmenü zu gelangen. Achten Sie darauf, dass im obersten Menü der Speicherort VORN ausgewählt ist (durch Druck auf die Softmenütaste öffnet sich ein Menü, in welchem Sie diese Einstellung vornehmen können). Dazu muss ein USB-Stick mit dem vorderen USB-Anschluss Ihres Oszilloskops verbunden und vom Gerät erkannt worden sein. Durch Drücken der Softmenütaste SPEICHERN können Sie nun ein Bildschirmfoto mit dem voreingestellten Namen abspeichern (den aktuellen Dateinamen sehen Sie in dem Menüeintrag DATEINAME). Sie können der Zieldatei auch einen Namen mit maximal 8 Buchstaben vorgeben. Dazu wählen Sie den Menüpunkt DATEINAME und geben mit Hilfe des Universaldrehgebers den Namen vor (in unserem Beispiel „TRC“).

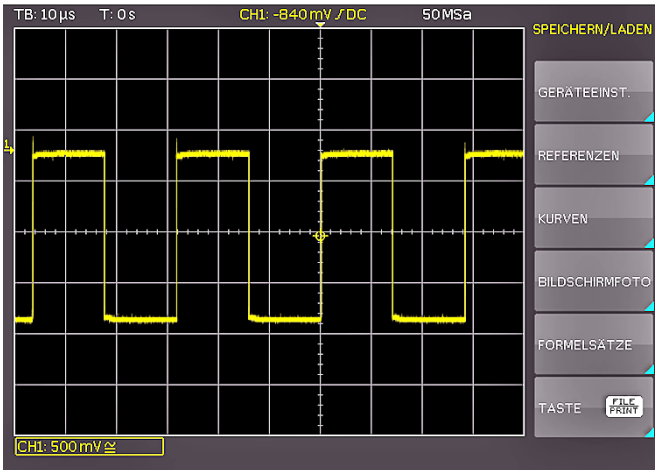


Abb. 3.9: Speichern und Laden Menü

Nach dem Betätigen der Softmenütaste ANNEHMEN übernimmt das Oszilloskop den Namen und kehrt in das Einstellungsmenü zurück. Dort können Sie sofort das aktuelle Bild abspeichern, indem Sie die Softmenütaste SPEICHERN drücken. Sie können auch im Menü eine Ebene zurückgehen (mit der untersten Menu OFF-Taste) und dort den Menüpunkt TASTE FILE PRINT wählen. Im folgenden Menü drücken Sie die Softmenütaste BILDSCHIRMFOTO und weisen damit die Funktion Bildschirmausdruck mit den vorgenommenen Einstellungen der Taste FILE/PRINT [17] zu. Nun sind Sie in der Lage, zu jedem Zeitpunkt und aus jedem Menü heraus einen Bildschirmausdruck auf dem USB-Stick durch Drücken der FILE/PRINT Taste zu generieren.

4 Vertikalsystem

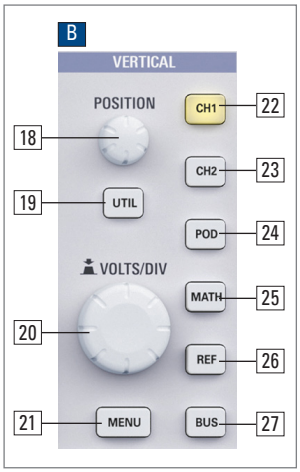


Abb. 4.1: Bedienfeld B des Vertikalsystems

Für die vertikalen Einstellungen stehen die Drehgeber für Y-Position und Verstärkereinstellungen, ein ständig eingeblendetes Kurzmenü sowie ein erweitertes Menü zur Verfügung.

Die Einstellungen des jeweiligen Kanals werden mittels Kanaltaste (CH1, CH2) vorgenommen. Die Aktivierung der Kanaltaste wird durch das Leuchten einer farbigen LED gekennzeichnet. Zusätzlich wird die Kanalbezeichnung des aktivierten Kanales im Bildschirm umrandet und heller dargestellt. Das jeweilige Kurzmenü ist immer sichtbar, das erweiterte Menü wird durch Druck auf die Taste MENU [21] geöffnet.

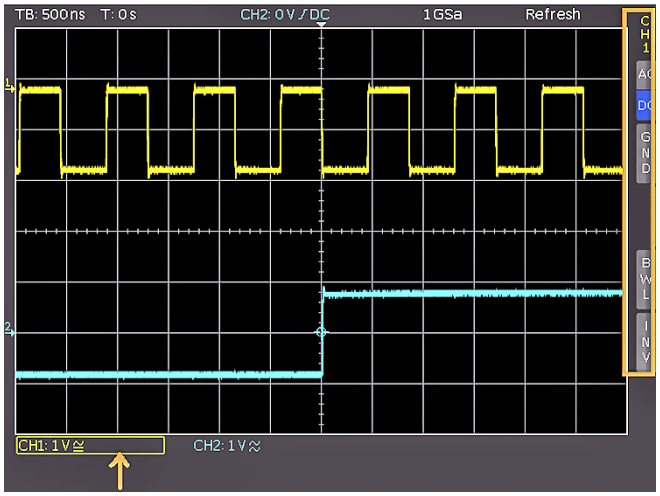


Abb. 4.2: Kurzmenü für vertikale Einstellung

4.1 Kopplung

Der Eingangswiderstand der analogen Eingänge beträgt 1 MΩ. Hierbei wird unterschieden, ob der Eingang DC gekoppelt, also die im Signal enthaltene Gleichspannung mit angezeigt wird, oder AC gekoppelt ist. Bei AC-Kopplung unterdrückt ein Eingangsfilter von 2 Hz die Anzeige von Gleichspannungen. An die 1 MΩ Eingänge dürfen Signale mit bis zu 100 V (Spitzenwert) direkt angeschlossen werden. Höhere Spannungen sind über externe Tastköpfe (bis zu 40 kV Spitzenspannung) messbar, diese sollten nur mit DC Kopplung verwendet werden. In den allgemein üblichen Anwendungen werden die mitgelieferten Tastköpfe angeschlossen, die auf die 1 MΩ Eingänge abgestimmt sind. Beim R&S®HMO1002 sind die Tastköpfe HZ154 im Lieferumfang enthalten, die 1:1/10:1 umschaltbar sind. Das entsprechende Teilerverhältnis wird im jeweiligen Kanalmenü eingestellt.

Für die Einstellung der Kopplung steht das Kurzmenü oder das Kanalmenü zur Verfügung, in welchem mit einfachem Tastendruck auf die entsprechende Softmenütaste die Kopplung eingestellt werden kann. Das Menü gilt jeweils für den aktiven Kanal. Welcher Kanal aktiv ist, zeigt die beleuchtete Kanaltaste. Die Kanalbezeichnung des aktiven Kanals wird oben im Kurzmenü angezeigt. Das Umschalten erfolgt durch Drücken der gewünschten Kanaltaste.

4.2 Verstärkung, Y-Position und Offset

Die Verstärkung der analogen Eingänge kann mit dem großen Drehgeber (VOLTS/DIV) im VERTICAL-Bereich des Bedienfeldes in 1-2-5 Schritten von 1mV/Skalenteil bis 10V/Skalenteil eingestellt werden. Hier gilt der Drehgeber für den gerade aktiven Kanal, der durch Drücken der Kanaltaste gewählt wird. Eine Umschaltung auf eine stufenlose Verstärkereinstellung erfolgt durch einmaliges Drücken des Drehgeberes. Mit dem kleineren Drehgeber (POSITION) im VERTICAL-Bereich des Bedienfeldes kann die Y-Position des aktiven Kanal eingestellt werden. Durch Drücken der MENU Taste werden erweiterte Funktionen aufgerufen. Auf Seite 2|2 dieses Menüs kann ein ZEIT-OFFSET mit dem Universaldrehgeber oder mittels KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld eingestellt werden. Mit der Softmenütaste ZEIT-OFFSET kann jeder Analogkanal zeitlich verschoben werden (±15 ns). Diese Einstellung dient dem Ausgleich von Laufzeitunterschieden bei der Nutzung unterschiedlich langer Kabel oder Tastköpfe.

4.3 Bandbreitenbegrenzung und Invertierung

Im Kurz- und erweiterten Menü kann ein analoger 20 MHz Tiefpassfilter in den Signalpfad eingefügt werden. Damit werden alle höherfrequenten Störungen eliminiert. Die Einschaltung im Kurzmenü erfolgt durch Druck auf die Softmenütaste BWL. Im erweiterten Menü (Taste Menu) wird der Filter über die Softmenütaste BANDBREITE aktiviert. Ist der Filter aktiviert, so wird der Menüeintrag blau unterlegt und im Kanalbezeichnungsfenster erscheint ein BW.

Eine Invertierung der Signalanzeige kann ebenfalls im Kurz- und erweiterten Menü vorgenommen werden. Ist die Signalinvertierung aktiviert, so wird die Softmenütaste INV oder der Menüeintrag INVERTIEREN blau unterlegt. Im Kanalbezeichnungsfenster erscheint ein Strich oberhalb des Kanalnamens.

4.4 Tastkopfdämpfung und Einheitenwahl (Volt/Ampere)

Das R&S®HMO1002 verfügt nicht über eine automatische Tastkopf-Teilererkennung. Die Teilung wird über die MENU Taste mit dem Softmenü TASTKOPF eingestellt. Dies ist in vordefinierten Schritten x1, x10, x100, x1000, sowie benutzerdefiniert über die Softmenütaste NUTZER und dem Universaldrehgeber bzw. der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld von x0.001 bis x1000 frei wählbar.

Wird eine Stromzange angeschlossen, so kann mittels Softmenütaste EINHEIT die Einheit Ampere (A) gewählt

werden. Wird die Einheit A gewählt, so werden die am meisten genutzten Umrechnungsfaktoren im Menü wählbar (1V/A, 100mV/A, 10mV/A, 1mV/A). Auch hier kann ein benutzerdefinierter Wert über die Softmenütaste NUTZER mit dem Universaldrehgeber oder der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld gewählt werden. Selbstverständlich kann diese Einstellung auch angewendet werden, wenn ein Strom über einem Shunt gemessen wird. In diesem Fall erfolgen alle Messungen in der richtigen Einheit und werden korrekt skaliert.

4.4.1 Tastkopfabgleich

Passive Tastköpfe sollten vor dem ersten Einsatz bzw. nach einer längeren Messpause, Gerätewechsel oder auch Kanalwechsel abgeglichen werden.

Der Tastkopfabgleich kann entweder über den Abgleich-Wizard oder manuell erfolgen. Über die SETUP Taste im GENERAL Bedienfeld kann mit der Softmenütaste TK-Abgleich der Wizard geöffnet werden. Dieser Abgleich-Wizard führt durch alle wichtigen Punkte des Tastkopfabgleichs. Nach Anschluss eines Tastkopfes kann mit der Softmenütaste KANAL 1 (CH1) oder KANAL 2 (CH2) der jeweilige Analogkanal ausgewählt werden. Mit dem beiliegenden HZ154 Tastkopf-Trimmstift können die Tastkopf-Trimmer auf eine optimale Rechteckwiedergabe eingestellt werden. Der Abgleich erfolgt bei 1 kHz (LF) und 1 MHz (HF). Mit der Softmenütaste GANZER BILDSCH. können die Wizard Hilfetexte ausgeblendet werden. Mit WEITER wechselt der Wizard in den 1 MHz HF Abgleich. Bei mehreren angeschlossenen Tastköpfen kann mit der Softmenütaste NÄCHSTER KANAL der Kanal gewechselt werden. Mit VERLASSEN kann nach dem erfolgreichen Tastkopfabgleich der Wizard verlassen werden.
Ist ein manueller Abgleich ohne Abgleich-Wizard gewünscht, so kann dieser über das UTIL Menü im VERTICAL Bedienfeld mit der Softmenütaste MUSTERGEN. über das Softmenü RECHTECK erfolgen (siehe Kap. 10.2.1).

4.5 Schwellwerteinstellung

Auf Seite 2|2 des erweiterten Menüs (MENU) ist es ebenfalls möglich, einen Schwellwert einzustellen. Dieser legt fest, welcher Pegel für die Erkennung von High und Low bei Nutzung der analogen Kanäle als Quelle für die serielle Busanalyse oder den Logiktrigger gilt. Nachdem dieser Softmenüeintrag angewählt wurde, kann der Schwellwert mit dem Universaldrehgeber oder mittels KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld eingestellt werden. Mit dem Softmenü HYSTERESIS kann die obere bzw. untere Grenze des Schwellwerts vergrößert (GROß) oder verkleinert (KLEIN) werden. Alle Signale, die sich nun in diesem „Schwellwert-Band“ befinden, werden somit korrekt erfasst. Mittels Softmenütaste PEGEL FINDEN wird das entsprechende Signal analysiert und der Schwellwert automatisch gesetzt.

4.6 Name für einen Kanal

Mit dem Softmenü NAME kann ein Kanalname vergeben werden. Dieser wird im Messgitter angezeigt und auch ausgedruckt. Der Kanalname kann mit der Softmenütaste NAME an- (AN) bzw. ausgeschaltet werden (AUS). Ist der Name aktiviert, so erscheint dieser rechts neben der Kanalanzeige. Mit der Softmenütaste BIBLIOTHEK können vordefinierte Namen ausgewählt werden und mittels NAME EDITIEREN angepasst werden. Maximal sind 8 Zeichen erlaubt. Mit der Taste ANNEHMEN wird der Name im Editor bestätigt und somit auf dem Bildschirm angezeigt. Der Name ist an das Signal gebunden und wandert mit einem evtl. eingestellten Offset entsprechend mit.

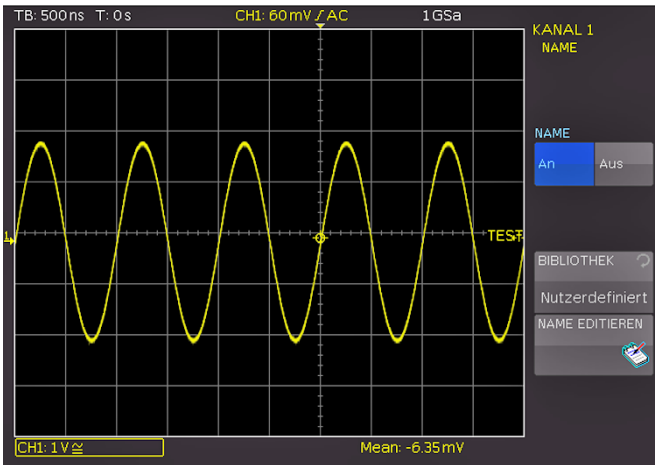


Abb. 4.3: Namensvergabe

5 Horizontalsystem

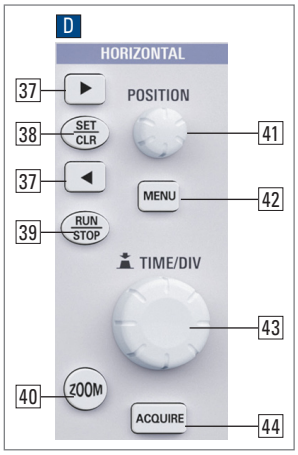


Abb. 5.1: Bedienfeld D des Horizontalsystems

Der Bereich des Horizontalsystems umfasst neben der Zeitbasiseinstellung für die Erfassung, der Positionierung des Triggerzeitpunktes, der Zoomfunktionen, der möglichen Erfassungsmodi und den Markerfunktionen auch die Suchfunktionen. Die Einstellung der Zeitbasis und des Triggerzeitpunktes erfolgen über die entsprechenden Drehgeber, die Auswahl der Erfassungsmodi über ein entsprechendes Menü. Um den ZOOM einzuschalten gibt es eine separate Taste. Für die Markerfunktionen werden die Pfeiltasten ◀▶ 37 sowie die SET/CLR Taste genutzt.

5.1 Erfassungsbetriebsart RUN und STOP

Die Betriebsart der Erfassung lässt sich mit der RUN/STOP Taste 39 einfach umschalten. In der Betriebsart RUN werden je nach eingestellten Triggerbedingungen Signale auf dem Bildschirm angezeigt und bei jeder neuen Erfassung die Alten verworfen. Wenn ein aufgenommenes Signal auf dem Bildschirm analysiert, aber nicht überschrieben werden soll, muss die Erfassung mit der RUN/STOP-Taste angehalten werden. Im STOP-Modus wird keine neue Signalerfassung zugelassen und die Taste leuchtet rot.

5.2 Zeitbasiseinstellungen

Die Umstellung der Zeitbasis erfolgt mit dem großen TIME/DIV Drehgeber im HORIZONTAL Bedienfeld. Links oben im Display, oberhalb des Anzeigegitters, wird die jeweils aktuelle Zeitbasiseinstellung angezeigt (z.B. „TB: 500 ns“). Rechts daneben erfolgt die Anzeige der Triggerzeitposition – bezogen auf die Normaleinstellung.
In der Normaleinstellung ist der Triggerzeitpunkt in der Mitte der Anzeige, d. h. 50% Vor- und 50% Nachlauf. Mit dem X-Position-Drehgeber 41 kann dieser Wert stufenlos eingestellt werden. Die zulässigen Maximalwerte sind zeitbasisabhängig.

Unabhängig von der gewählten Einstellung wird durch Drücken der Taste SET/CLR der Wert wieder auf den Bezugszeitpunkt zurückgesetzt, wenn die Marker- oder Suchfunktion nicht aktiviert wurde. Die Pfeiltasten ◀▶ 37 verändern die X-Position fest um 5 Skalenteile in die jeweilige Richtung. Mit der Taste MENU 42 wird ein Menü geöffnet, in dem die Funktion der Pfeiltasten ◀▶ 37 und der SET/CLR-Taste bestimmt werden kann. Wie oben beschrieben, können diese Tasten zur Einstellung der X-Position, zur Markierung von Ereignissen im Signal oder zur Navigation zwischen den maximal 8 Markierungen genutzt werden. Im Untermenü NUMER.EINGABE kann eine beliebige X-Position direkt eingeben kann. Zusätzlich können in diesem Menü auch Suchfunktionen aktiviert und eingestellt werden. Desweiteren befindet sich hier die Einstellung der TRIGGERREF.-ZEIT (Position für den Bezug des Triggerzeitpunktes von –5 Skalenteile bis +5 Skalenteile, 0 ist die Mitte und Standard).

5.3 Erfassungsmodi

Die Wahl der Erfassungsmodi erfolgt durch Drücken der Taste ACQUIRE 44. Dies öffnet ein Menü, in dem die grundlegenden Modi der Einzelerfassung eingestellt werden können.

5.3.1 Rollen

Diese Erfassungsart ist speziell für sehr langsame Signale, das Signal „rollt“ von rechts nach links ungetriggert über den Bildschirm (setzt Signale langsamer als 200 kHz voraus). Das R&S®HMO1002 verwendet zum Speichern der Kurvenwerte im Rollen-Modus einen Ringspeicher. Das heißt, vereinfacht gesprochen, dass das Gerät die erste Division in den ersten Speicherplatz schreibt, die zweite Division in den zweiten usw.. Sobald der Speicher voll ist, überschreibt das Gerät den ersten Speicherplatz mit den Daten des aktuellsten Messwerts. So entsteht der „Ring“ bzw. der Durchlaufeffekt, ähnlich wie bei einer Laufschrift.

Die ZOOM-Funktion ist im Rollen-Modus nicht verfügbar (siehe auch Kap. 5.5 ZOOM-Funktion).

5.3.2 Arithmetik

Das Softmenü ARITHMETIK bietet verschiedene Auswahlmöglichkeiten:

- **NORMAL:**
  Hier erfolgt die Erfassung und Darstellung der aktuellen Signale.
- **HÜLLKURVE:**
  Hierbei werden neben der normalen Erfassung jedes Signales auch die Maximal- und Minimalwerte jeder Erfassung dargestellt. Damit entsteht über die Zeit eine Hüllkurve um das Signal.
- **MITTELWERT:**
  Wird dieser Modus gewählt, kann man mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld die Anzahl der Mittelwertbildungen in Zweierpotenzen von 2 bis 1024 einstellen (setzt sich wiederholende Signale voraus).
- **GLÄTTUNG:**
  Die Funktion GLÄTTUNG berechnet einen Mittelwert aus mehreren benachbarten Abtastpunkten. Das Ergebnis ist eine geglättete Wellenform. Diese Funktion wird für nichtperiodische Signale verwendet.
- **FILTER:**
  Dieser Modus ermöglicht es, durch einen Tiefpassfilter mit einstellbarer Grenzfrequenz unerwünschte hochfrequente Störungen zu unterdrücken. Die Grenzfrequenz kann in Abhängigkeit der Abtastrate eingestellt werden. Der kleinste Wert ist 1/100 der Abtastrate, der größte Wert ist 1/4 der Abtastrate. Die Einstellung kann mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld vorgenommen werden.

5.3.3 Spitzenwert

Wird bei sehr großen Zeitbasiseinstellungen eingesetzt, um auch kurze Signaländerungen noch erkennen zu können. Diese Funktion kann ausgeschaltet (AUS) oder in einen automatischen Zuschaltmodus (AUTO) gebracht werden.
Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein, damit die Betriebsart SPITZENWERT aktiviert werden kann:

- Funktion HOCHAUFLÖSEND deaktiviert
- keine seriellen oder parallelen Busse aktiv

Bei der Spitzenwerterfassung unterscheidet das Oszilloskop zwischen zwei Arten: Erfassungsspitzenwerterfassung und Speicherspitzenwerterfassung.

- **Erfassungsspitzenwerterfassung:**
  Auch wenn nicht mit voller Abtastrate in den Erfassungsspeicher geschrieben wird, z.B. bei langsamen Zeitbasen, wandelt jeder ADC mit voller Abtastrate (kein Interlace-Betrieb). Die nicht benutzten Wandlerwerte werden bei eingeschalteter Spitzenwerterfassung zum Detektieren von minimalen und maximalen Amplituden bewertet. Dabei werden die so ermittelten Minima und Maxima mit einem Abtastintervall in den Erfassungsspeicher geschrieben. Im Erfassungsspeicher stehen somit Datenpärchen, die den Signalverlauf im Abtastintervall repräsentieren. Der kleinste erkennbare Impuls ist die Periodendauer der maximalen Abtastrate (kein Interlace-Betrieb).
- **Speicherspitzenwerterfassung:**
  Wird mit maximaler Abtastrate des ADC's in den Erfassungsspeicher geschrieben, ist eine hardwareseitige Spitzenwerterkennung nicht möglich. Bei langsamen Zeitbasen und einer eingestellten Wiederhohlrate von AUTOMATIK oder maximaler Wiederholrate (MAX. WDH.-RATE) werden nicht alle im Erfassungsspeicher stehenden Daten auf dem Bildschirm angezeigt. Die übersprungenen Daten werden bei eingeschalteter Spitzenwerterkennung während des Auslesens zur Bildung eines Minimum- und eines Maximumwertes herangezogen. Der kleinste erkennbare Impuls ist die Periodendauer der Abtastrate, mit der in den Erfassungsspeicher geschrieben wurde.

Kommt eine der beiden Spitzenwerterfassungsarten oder die Kombination aus Beiden zur Anwendung, so wird dies durch „PD" vor der Erfassungsbetriebsart rechts oben im Display gekennzeichnet.

5.3.4 Hochauflösend

In diesem Modus wird mit einen Boxcar Averaging über benachbarte Erfassungspunkte (der Wandler läuft mit der maximalen Abtastrate) die vertikale Auflösung auf bis zu 10 Bit erhöht. Diese Funktion kann ausgeschaltet (AUS) oder in einen automatischen Zuschaltmodus (AUTO) gebracht werden. Durch eine Mittelwertbildung mehrerer benachbarter Abtastwerte entsteht ein Wert mit einer höheren Genauigkeit als die Eingangsdaten.Die so entstandenen Daten bezeichnet man als Daten mit hoher Auflösung. Durch das Zusammenführen mehrerer Abtastwerte zu einem neuen Wert, ist dieses Verfahren nur mit einer kleineren als der maximale Abtastrate möglich. Ist die Betriebsart HOCHAUFLÖSEND eingeschaltet und die aktuelle Geräteeinstellung ermöglicht deren Anwendung, so wird dies durch „HR" vor der Erfassungsbetriebsart rechts oben im Display gekennzeichnet.

Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein, damit die Betriebsart HOCHAUFLÖSEND aktiviert werden kann:

- Abtastrate kleiner als die maximale Abtastrate (kein Interlace-Betrieb)
- Spitzenwerterkennung deaktiviert
- kein Logikpod aktiv
- keine seriellen oder parallelen Busse aktiv

Alle genannten Funktionen sind standardmäßig deaktiviert.

5.3.5 Interpolation

Die Softmenütaste INTERPOLATION ermöglicht die Auswahl von SIN X/X, LINEAR oder SAMPLE-HOLD als mögliche Interpolation bei der Darstellung der Erfassungspunkte. Die SIN X/X Interpolation ist die Standardeinstellung und am besten für die Darstellung analoger Signale geeignet. Bei der linearen Interpolation (LINEAR) werden die erfassten Datenpunkte mit einer Linie verbunden. Die Darstellung SAMPLE-HOLD erlaubt eine genauere Beurteilung der Lage der Signalerfassungspunkte.

5.3.6 Aufnahmemodus

Dieses Softmenü stellt die drei folgenden Auswahlfunktionen zur Verfügung:

5.3.6.1 MAX. WDH.-RATE

Damit wird die Wahl der Speichertiefe und Abtastrate so getroffen, dass eine höchstmögliche Triggerwiederholrate erzielt wird.
Damit wird die Wahl der Speichertiefe und Abtastrate so getroffen, dass eine höchstmögliche Triggerwiederholrate erzielt wird. Bei der Funktion maximaler Wiederholrate wird das Oszilloskop so eingestellt, dass eine maximale Anzahl von Erfassungen pro Sekunde im Kurvenfenster abgebildet werden kann. Die angezeigte Datenanzahl beträgt pro Bildspalte im Kurvenfenster ein erfasstes Datum. Bei aktivierter Spitzenwerterfassung wird pro Bildspalte ein Min/Max-Paar abgebildet. Beim R&S®HMO1002 ist das Kurvenfenster 600x480 Pixel groß (Yt ohne Zoom). Somit werden 600 Datenpunkte pro Erfassung angezeigt. Bei aktivierter Spitzenwerterfassung sind es 600 Min/Max-Paare und somit 1200 Daten. Die Speichertiefe ist mindestens das abgebildete Zeitfenster (Zeitbasis x Kurvenfensterrasterteile in X-Richtung) multipliziert mit der aktuellen Abtastrate. Die untere Grenze wird durch die maximale Abtastrate und durch die maximale Kurvenwiederholrate des Oszilloskops bestimmt. Die angezeigte Abtastrate entspricht der aktuellen Abtastrate dividiert durch die Anzahl der beim Auslesen aus dem Erfassungsspeicher übersprungenen Daten. Bei aktivierter Spitzenwerterfassung entspricht die angezeigte Abtastrate der aktuellen Abtastrate.

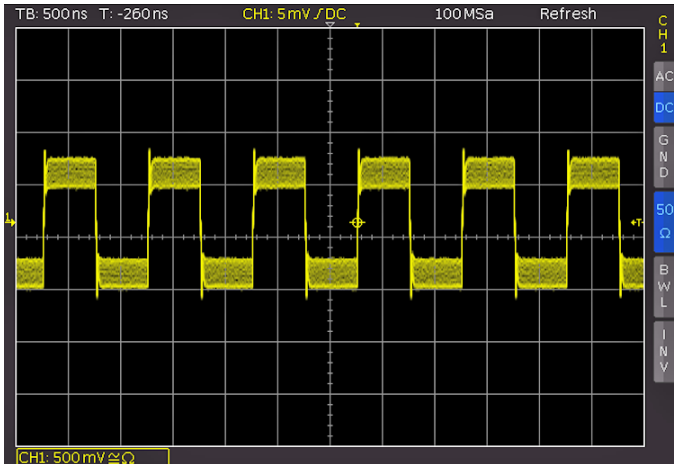


Abb. 5.2: AM moduliertes Signal mit maximaler Wiederholrate

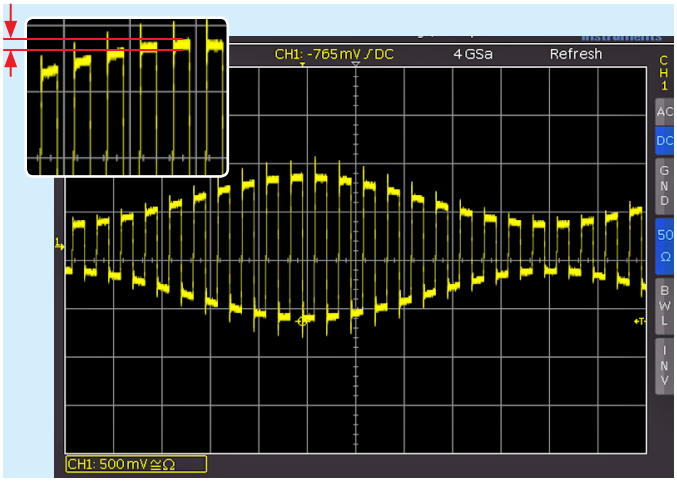


Abb. 5.3: AM moduliertes Signal mit maximaler Abtastrate

5.3.6.2 MAX. ABTASTRATE

Wenn diese Funktion gewählt ist, wird immer die maximal mögliche Abtastrate eingestellt unter Ausnutzung des maximal verfügbaren Speichers eingestellt.
Wenn diese Funktion gewählt ist, wird immer die maximal mögliche Abtastrate unter Ausnutzung des maximal verfügbaren Speichers eingestellt. Es wird immer die maximal mögliche Abtastrate genutzt und eine maximale Datenanzahl abgebildet.Die angezeigte Datenanzahl pro Bildspalte im Kurvenfenster beträgt bis zu 40 erfasste Daten (begrenzt durch die Rechenleistung des verwendeten Prozessors). Die aktuelle angezeigte Datenanzahl ist abhängig vom abgebildeten Zeitfenster und der aktuellen Abtastrate. Es werden bei aktivierter Spitzenwerterfassung bis zu 20 Min/Max-Paare pro Bildspalte angezeigt. Die Speichertiefe entspricht immer dem maximalen Erfassungsspeicher. Die angezeigte Abtastrate entspricht der aktuellen Abtastrate. Befinden sich im abgebildeten Zeitfenster mehr als 40 x Kurvenfensterbildspalten Daten im Erfassungsspeicher oder Min/Max-Daten im Erfassungsspeicher, so wird die Spitzenwerterfassung angewandt.

Der gesamte Speicher des Oszilloskops kann nur im STOP Modus und aktivierter maximaler Abtastrate ausgelesen werden.

5.3.6.3 AUTOMATIK:

Diese Funktion, welche der Standardeinstellung entspricht, stellt den besten Kompromiss aus maximaler Wiederholrate und maximaler Abtastrate (Speichertiefenwahl) dar. Die angezeigte Datenanzahl pro Bildspalte im Kurvenfenster beträgt bis zu 10 erfasste Daten. Die aktuelle angezeigte Datenanzahl ist abhängig vom abgebildeten Zeitfenster und der aktuellen Abtastrate. Es werden bei aktivierter Spitzenwerterfassung bis zu 5 Min/Max-Paare pro Bildspalte angezeigt. Die Speichertiefe ist mindestens der doppelter Speicher wie bei der Einstellung maximale Wiederholrate (begrenzt durch den maximalen Erfassungsspeicher). Die angezeigte Abtastrate entspricht der aktuellen Abtastrate dividiert durch die Anzahl der beim Auslesen aus dem Erfassungsspeicher übersprungenen Daten. Bei aktivierter Spitzenwerterfassung entspricht die angezeigte Abtastrate der aktuellen Abtastrate.

In allen Einstellungen ist die aktuelle Abtastrate (Abtastrate, mit der in den Erfassungsspeicher geschrieben wird) immer gleich. Zusätzlich ist es im STOP Modus möglich, die Menüpunkte zu wechseln. Dies hat keinen Einfluss auf die aktuelle Speichertiefe, die Anzahl der angezeigten Daten wird jedoch angepasst. Die Spitzenwerterfassung ist ebenfalls im STOP Modus wirksam (Zeitbasis im Microsekundenbereich). In Zeitbasen, in der jeder Abtastpunkt angezeigt wird, verhalten sich alle drei Einstellungen, bis auf die verwendete Speichertiefe und damit der Kurvenupdaterate, gleich. Die Vor- und Nachteile der einzelnen

Einstellung	Vorteile	Nachteile	Anwendung
Maximale Wiederholrate:	▪ Viele Aufnahmen in einem Bild ▪ Seltene Ereignisse werden in Verbindung mit Nachleuchten schneller gefunden ▪ Schnelle Reaktion auf Bedienung oder Signaländerung ▪ Geringes Rauschband	▪ Hohe Aliasinggefahr ▪ Geringe Detailtreue ▪ Geringe Messgenauigkeit durch reduzierte Datenanzahl	▪ Zur Suche von seltenen Ereignissen ▪ Bei der Darstellung modulierter Signale
Maximale Abtastrate:	▪ Maximale Detailtreue ▪ Geringste Aliasinggefahr ▪ Hohe Messgenauigkeit	▪ Träge Reaktion auf Bedienung oder Signaländerung ▪ Kleine Kurvenupdaterate ▪ Rauschen mehr sichtbar	▪ Bei Signalen mit hohen Frequenzanteilen ▪ Zur Untersuchung von kleinen Signaldetails
Automatik:	▪ Mittlere Kurvenupdaterate ▪ Noch flüssige Bedienung ▪ Gute Messgenauigkeit ▪ Geringes Rauschband	▪ Aliasing möglich	▪ Standardanwendung

Tab. 5.1: Vor- und Nachteile Softmenü Wiederholrate

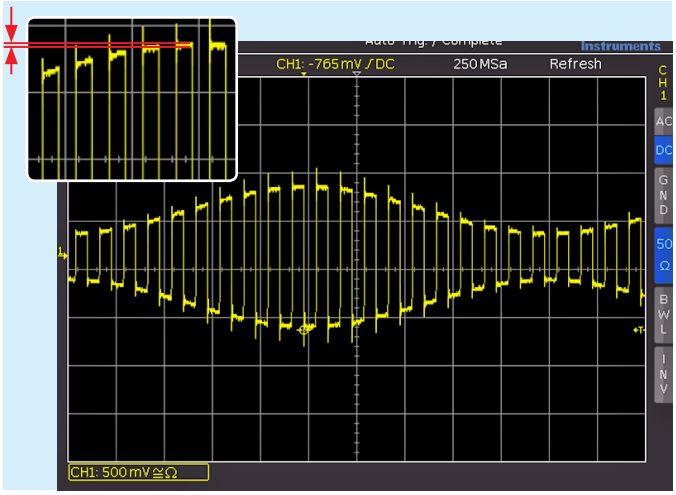


Abb. 5.4: AM moduliertes Signal mit automatischer Einstellung

Einstellungsmöglichkeiten werden in Tabelle 5.1 gezeigt. Abschließend bleibt zu erwähnen, dass dieses Menü die bei anderen Herstellern übliche einstellbare Speichertiefe ersetzt. Bei einer wählbaren Speichertiefe sollte der Anwender immer den Zusammenhang zwischen Speichertiefe, Zeitbasis und Abtastrate kennen und Vor- sowie Nachteile abschätzen können. Mit dieser Menümethode erfasst das Oszilloskop immer mit einer maximal möglichen Abtastrate. Ein nachträgliches Hineinzoomen im STOP Modus ist somit immer gegeben, auch bei maximaler Wiederholrate. Ein Herauszoomen ist bei maximaler Wiederholrate ebenfalls möglich, wenn der STOP Modus bei schnellen Zeitbasen ausgeführt wurde. Kann man, wie bei anderen Herstellern, nur durch eine geringe Speichertiefe eine hohe Wiederholrate erzielen, ist ein nachträgliches Zoomen im STOP Modus fast nicht möglich.

5.4 Interlace-Betrieb

Im Interlace-Betrieb werden die Wandler (ADC) und die Speicher zweier Kanäle zusammengeschaltet. Dadurch verdoppelt sich die Abtastrate und der Erfassungsspeicher. Ein Kanal gilt auch als aktiviert, wenn er ausgeschaltet, aber als Triggerquelle fungiert. Ist ein Kanal aktiviert, so leuchtet die entsprechende LED neben der Eingangsbuchse. Weitere Bedingungen, um den Interlace-Betrieb zu aktivieren:

- kein Logikpod aktiv
- keine seriellen oder parallelen Busse aktiv
- Logiktrigger nicht aktiv

Der Interlace-Betrieb wird automatisch aktiviert.

5.5 ZOOM-Funktion

Der R&S®HMO1002 verfügt über eine Speichertiefe von 1 MB. Damit lassen sich lange und komplexe Signale aufzeichnen, die mit der Zoom-Funktion im Detail untersucht werden können. Um diese Funktion zu aktivieren, drücken Sie die ZOOM-Taste 40. Daraufhin wird der Bildschirm in zwei Gitter unterteilt. Das obere Fenster ist die Darstellung des gesamten Zeitbasisfensters, das untere Gitter zeigt einen entsprechend vergrößerten Ausschnitt des oberen Fensters. Der Signalausschnitt, der gezoomt wird, ist im Originalsignal (oberes Fenster) durch zwei blaue Cursors markiert. Wenn mehrere Kanäle im Zoom Modus aktiviert sind, werden alle angezeigten Kanäle gleichzeitig um den gleichen Faktor und an der gleichen Stelle „gezoomt“. In Abb. 5.5 ist zu erkennen, dass das Zoom-Fenster mit 100 µs pro Skalenteil dargestellt ist. Das Signal wurde über ein Zeitfenster von 12 ms aufgenommen. Zusätzlich werden im Zoom-Bereich (unteres Gitter) die Parameter für Zoom-Zeitbasis und Zeit oberhalb des Zoom-Fensters angegeben. Z beschreibt die Zoom-Zeitbasis (Zoom-Faktor) und bestimmt die Breite des Zoom-Bereichs, der im Zoom-Fenster angezeigt wird (10 Divisionen x Skalierung pro Teilung). Tz beschreibt die Zoom-Zeit und bestimmt die Position des Zoom-Bereichs.

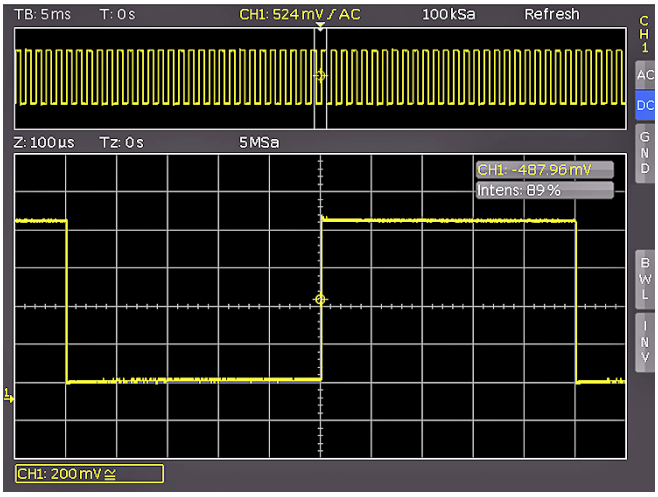


Abb. 5.5: Zoomfunktion

Die Zeitbasiseinstellung oben links in der Anzeige ist grau hinterlegt, die Zoom-Zeitbasis oberhalb des Zoom-Fensters weiß. Der große Drehgeber im HORIZONTAL Bedienfeld verändert den Zoom-Faktor. Dieser Drehgeber verfügt ebenfalls über eine Tasterfunktion. Wird der Drehgeber gedrückt, so wird die Zeitbasiseinstellung weiß dargestellt und die Zoom-Zeitbasis grau. Nun ist der Drehgeber wieder für die Einstellung der Zeitbasis verantwortlich. Damit können Zeitbasiseinstellungen verändert werden, ohne den Zoom Modus verlassen zu müssen. Ein nochmaliges Drücken des Drehgebers hebt die Begrenzungscursors des Zoom-Bereichs weiß hervor und der Zoom-Ausschnitt kann nun mit dem Drehgeber geändert werden. Die Position des „gezoomten“ Ausschnitts lässt sich nun mit Hilfe des kleinen Drehgeberes im HORIZONTAL Bedienfeld über das gesamte Signal verschieben. Wenn durch Drücken des großen Drehgebers dieser, wie oben beschrieben, wieder die Zeitbasis und nicht den Zoom-Faktor einstellt, besitzt der kleine Drehgeber die Funktion den Triggerzeitpunkt zu verschieben und damit das Verhältnis von aufgenommener Vor- und Nachgeschichte einzustellen.

Die ZOOM-Funktion ist im Rollen-Modus nicht verfügbar.

Im Erfassungsmodus ROLLEN ist es prinzipiell nicht möglich, „in den Speicher hineinzuzoomen“, da die Signalwerte der X-Achse immer mit der maximalen Speichertiefe aufgezeichnet werden. Im Erfassungsmodus NORMAL befinden sich immer mehr Samples im Speicher, als auf dem

Display dargestellt werden. Daher ist es hier möglich, in den Speicher „hineinzuzoomen“. Bei den Werten der Y-Achse (Amplitude) verhält sich dies anders. Diese Werte beziehen sich auf eine festgelegte Achse und sind daher auch im Rollen-Modus „skalierbar“.

5.6 Navigation-Funktion

Die X-POS.-Funktion (Taste MENU im HORIZONTAL Bedienfeld) ermöglicht eine leichtere Handhabung der Triggerzeit sowie deren numerische Eingabe. Mit den einzelnen Softmenütasten kann die Triggerzeit z.B. auf den minimalen/maximalen Wert oder auf Null gesetzt werden. Mit der Softmenütaste TRIGGERREF.-ZEIT wird der Triggerpunkt im Kurvenfenster definiert. Die Skalierung der Signalkurve erfolgt um diesen Referenzpunkt. Mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld kann die gewünschte Einstellung gewählt werden.

5.7 Marker-Funktion

Mit Markern können bestimmte Positionen auf dem Bildschirm markiert werden, z.B. eine steigende oder fallende Flanke, ein unerwarteter Signalwert oder ein Suchergebnis. Anschließend können die Marker zur Identifikation bestimmter Signalbereiche genutzt werden, die im Zoom Modus näher betrachtet und die Daten analysiert werden sollen.

Die Markerfunktion wird über die Taste MENU im HORIZONTAL Bedienfeld geöffnet. Ist die Markerfunktion aktiviert (Softmenütaste MARKER blau markiert), so kann durch Drücken der SET/CLR-Taste im HORIZONTAL Bedienfeld ein Zeitmarker an der 6. Zeiteinheit (bei ausgeschaltetem Menü in der Gittermitte) gesetzt werden. Die Zeitmarker werden durch einen blauen, senkrechten Strich markiert. Mit dem X-Position Drehgeber kann die Kurve (inklusive dem gesetzten Marker) verschoben werden.
Ist eine wichtige Signalposition identifiziert und mit dem Positionsknopf auf die Bildschirmmitte gesetzt, so kann ein weiterer Marker durch erneutem Druck auf die SET/CLR Taste gesetzt werden. Auf diese Art können bis zu 8 interessante Stellen im Signal markiert werden. Mit einem Druck auf die Pfeiltasten ◀ ▶ 37 kann zwischen den einzelnen Marker gewechselt und in der Mitte des Bildschirmes zentriert werden. Durch die Zentrierung der Marker über die Pfeiltasten ist zum Beispiel ein schneller Vergleich von markierten Signalbereichen im ZOOM Modus sehr schnell und einfach möglich. Durch die Zentrierung der Marker über die Pfeiltasten ist zum Beispiel ein schneller Vergleich von markierten Signalbereichen im ZOOM Modus sehr schnell und einfach möglich. Soll ein Marker gelöscht werden, so wird dieser in der Bildschirmmitte zentriert und durch erneutes Drücken der Taste SET/CLR entfernt. Mit der Softmenütaste TRIGGERZEIT AUF NULL SETZEN wird die Triggerzeit auf 0s gesetzt. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, alle Zeitmarker gleichzeitig zu löschen (Softmenütaste ALLE MARKER LÖSCHEN).

6 Triggersystem

Das Triggersystem des R&S®HMO1002 lässt sich einfach handhaben. Es gibt vier Tasten, die jeweils eine häufig genutzte Einstellung anwählen:

- **TYPE**: Auswahl Trigger-Typ Flanke, Impuls, Logik und Video sowie Trigger Hold Off Zeit
- **SLOPE**: Art der Flanke
- **SOURCE**: Festlegung der Triggerquelle
- **FILTER**: Festlegung der exakten Triggerbedingung.

Hinzu kommen die Tasten für die Auswahl der Triggermodi (AUTO, NORMAL und SINGLE).

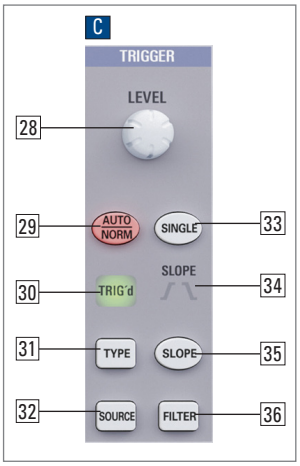


Abb. 6.1: Bedienfeld des Triggersystems

6.1 Triggermodi Auto, Normal und Single

Die grundlegenden Triggermodi sind mit der Taste AUTO/NORM 29 direkt umschaltbar. Wenn der Auto-Modus aktiviert ist, leuchtet die Taste nicht. Drückt man die Taste, so wird der NORMAL-Modus aktiviert und die Taste wird mit einer roten LED hinterleuchtet.
Im AUTO Modus wird immer ein Signal auf dem Bildschirm angezeigt. Wenn ein Signal anliegt, welches die Triggerbedingung erfüllt, so synchronisiert sich das Oszilloskop auf dieses Ereignis und triggert beim Eintreten der eingestellten Bedingung. Sollte ein Signal anliegen, welches die Triggerbedingung nicht erfüllt (im einfachsten Fall wäre dies eine Gleichspannung), so generiert das Oszilloskop selbst ein Triggerereignis. Damit wird sichergestellt, dass man die Eingangssignale unabhängig von der Triggerbedingung immer im Überblick hat.

Im NORMAL Modus wird nur dann ein Signal erfasst und dargestellt, wenn eine Triggerbedingung erfüllt ist. Liegt kein neues Signal an, welches die eingestellte Triggerbedingung erfüllt, so wird das letzte getriggerte Signal angezeigt. Möchte man sicherstellen, dass nur ein Signal, welches die Triggerbedingung erfüllt, aufgenommen und angezeigt wird, so muss dieser Modus durch Drücken der Single-Taste 33 aktiviert werden. Diese Taste leuchtet weiß, wenn der SINGLE Modus aktiv ist. Damit ist das Erfassungs- und Triggersystem des R&S®HMO1002 eingeschaltet und die RUN/STOP-Taste 39 blinkt. Tritt die Triggerbedingung ein, löst das Triggersystem aus, der Speicher wird gefüllt und das Oszilloskop geht anschließend in den STOP-Modus (erkennbar an dem dauerhaft roten Aufleuchten der RUN/STOP-Taste).

6.2 Triggerquellen

Als Triggerquellen (Taste SOURCE) stehen die zwei analogen Kanäle sowie der externe Triggereingang (AC/DC) zur

Verfügung. Ist die optionale Erweiterung mit den aktiven Logiktastköpfen HO3508 mit 8 digitalen Eingängen angeschlossen, so lassen sich auch diese bis zu 8 digitalen Eingänge als Triggerquelle einsetzen. Mit der Softmenütaste NETZ lässt man den Trigger auf Netzfrequenz triggern. Das Triggersignal wird hierbei intern aus dem Netzteil gewonnen.

6.3 Triggertypen

Der Triggertyp kann mit der Taste TYPE 31 im Trigger Bedienfeld eingestellt werden. Es öffnet sich ein Menü mit den Auswahlmöglichkeiten.

6.3.1 Flankentrigger

Der einfachste und mit Abstand am häufigsten eingesetzte Trigger ist der Flankentrigger. Das Oszilloskop triggert, wenn innerhalb des im SOURCE Menü gewählten Signals, die mit der SLOPE Taste eingestellte(n) Flanke(n) auftreten. Die Signalflanke muss dabei den eingestellten Triggerpegel durchlaufen. Diese Triggerart wird auch vom Autosetup (Taste AUTO-SET) gewählt. Wird zum Beispiel der Impulstrigger aktiviert und auf die AUTO SET-Taste gedrückt, so wird die Einstellung auf Flankentrigger gesetzt.

Ist der Triggertyp Flanke noch nicht aktiv (blau hinterlegt), so kann dieser durch Drücken der dazugehörigen Softmenütaste gewählt werden (Standardeinstellung). Die Art der Flanke (steigende, fallende oder beide) kann direkt mit der Taste SLOPE 35 eingestellt werden. Diese schaltet jeweils eine Einstellung weiter, d. h. von steigender auf fallende Flanke, auf beide Flanken und ein weiterer Tastendruck bewirkt wieder die Triggerung auf die steigende Flanke. In der Mitte der Statuszeile oben im Display und der Anzeige oberhalb der SLOPE-Taste 35 erkennt man, welche Flankenart gewählt wurde.

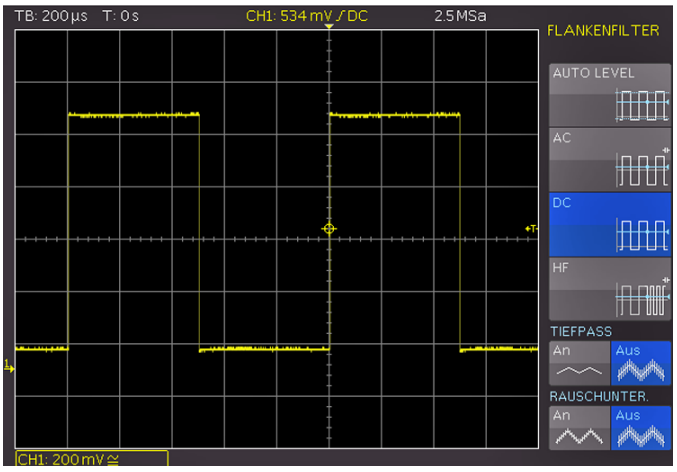


Abb. 6.2: Kopplungsarten bei Flankentrigger

Mit der Taste FILTER 36 kann für die Triggerschaltung festgelegt werden, wie das Signal eingekoppelt wird:

- **AUTO LEVEL:** Automatische Filtereinstellungen (Standardeinstellung).
- **AC:** Das Triggersignal wird über einen Hochpassfilter mit einer unteren Grenzfrequenz von 5 Hz angekoppelt, welches den Gleichspannungsanteil des triggernden Signals unterdrückt. Der Triggerpegel bleibt bei einem sich veränderten Gleichspannungsanteil auf dem eingestellten Punkt innerhalb des Wechselstromsignals. Bei der Triggerart AUTO (AUTO/NORM Taste) ist zudem ein Peak-Peak-Modus aktiv, welcher den Trigger innerhalb des Wechselstromsignals begrenzt. Dadurch ist bei dieser Einstellung für ein beliebig angelegtes Signal die Triggerbedingung erfüllt, ohne dass der Pegel eingestellt werden muss. Bei der Triggerart NORM (AUTO/NORM Taste) ist der Peak-Peak-Modus deaktiviert und der Triggerpegel kann über die Spitzenwerte des Signals hinaus verschoben werden.
- **DC:** Das Triggersignal wird mit allen Signalanteilen (Gleich- und Wechselspannung) an die Triggerschaltung gekoppelt. Hierbei wird das triggernde Signal nicht beeinflusst.
- **HF:** Das Triggersignal wird mit einem Hochpassfilter mit einer unteren Grenzfrequenz (-3 dB) von 30 kHz angekoppelt und ebenfalls bei Normaltriggerung der Pegel automatisch begrenzt. Diese Kopplungsart sollte nur bei sehr hochfrequenten Signalen angewendet werden.
- **TIEFPASS:** Das Triggersignal wird über einen Tiefpass mit einer oberen Grenzfrequenz von 5 kHz eingekoppelt. Dieses Filter entfernt höhere Frequenzen und ist mit AC-und DC-Kopplung verfügbar.
- **RAUSCHUNTER.**: Der Triggerverstärker wird mit einem Tiefpassfilter mit einer oberen Grenzfrequenz von 100 MHz in seinem Rauschverhalten verbessert. Dieses Filter entfernt höhere Frequenzen und ist mit AC-und DC-Kopplung verfügbar.

Die Kopplungsarten Tiefpass- und Rauschunterdrückung können nicht zusammen aktiviert werden

6.3.2 Impulstrigger

Der Impulstrigger ermöglicht das Triggern auf bestimmte Pulsbreiten von positiven oder negativen Pulsen, bzw. auf Pulsbreitenbereiche. Das Oszilloskop triggert, wenn innerhalb des im SOURCE Menü gewählten Signals ein Impuls mit den im FILTER Menü gewählten Eigenschaften auftritt. Erfüllt ein Impuls die Triggerbedingungen, so triggert das Oszilloskop auf dessen Rückflanke, d.h. bei einem positiven Impuls auf die fallende Flanke und bei einem negativen Impuls auf eine steigende Flanke.

Der Impulstrigger wird durch das Drücken der TYPE-Taste 31 im Trigger Bedienfeld aktiviert. Anschließend können weitere Einstellungen für den Impulstrigger im Softmenü nach Drücken der FILTER-Taste 36 vorgenommen werden.

Es gibt grundsätzlich sechs Arten der Einstellungen:

- **$t_i > t$:** Die Impulsdauer t_i, die den Trigger auslöst, ist größer als eine einstellbare Vergleichszeit t.
- **$t_i < t$:** Die Impulsdauer t_i, die den Trigger auslöst, ist kleiner als eine einstellbare Vergleichszeit t.
- **$t_i = t$:** Die Impulsdauer t_i, die den Trigger auslöst, ist gleich einer einstellbaren Vergleichszeit t. Die Vergleichszeit setzt sich zusammen aus der Zeit t plus eine einstellbare Abweichung.

- **$t_i \neq t$:** Die Impulsdauer t_i, die den Trigger auslöst, ist ungleich einer einstellbaren Vergleichszeit t. Die Vergleichszeit setzt sich zusammen aus der Zeit t plus eine einstellbare Abweichung.
- **$t_1<t_i<t_2$:** Die Impulsdauer t_i, die den Trigger auslöst, ist kleiner als eine einstellbare Vergleichszeit t_2 und größer als eine einstellbare Vergleichszeit t_1.
- **Not($t_1<t_i<t_2$):** Die Impulsdauer, die den Trigger auslöst, ist größer als eine einstellbare Vergleichszeit t_2 und kleiner als eine einstellbare Vergleichszeit t1.

Die jeweilige Vergleichszeiten lassen sich im Bereich von 16 ns bis 34,36 s einstellen, wobei bis 1 ms die Auflösung 2 ns und danach 1 µs beträgt. Die einstellbare Abweichung lässt sich im Bereich ± 8ns bis 657,5 µs mit einer Auflösung von 8ns einstellen. Die ZEIT bzw. ABWEICHUNG (erlaubter Toleranzbereich) kann mittels Universaldrehgeber oder der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld eingestellt werden. Die POLARITÄT aller Impulstrigger-Einstellungen kann auf positiv (POS.) oder negativ (NEG.) polarisierte Pulse eingestellt werden. Bei einem positiv polarisierten Puls wird in diesem Zusammenhang die Breite von der steigenden zur fallenden Flanke bestimmt, bei einem negativ polarisierten entsprechend von der fallenden zur steigenden Flanke. Prinzipbedingt wird immer auf der zweiten Flanke des Pulses getriggert.

6.3.3 Logiktrigger

Alle Logiktrigger-Einstellungen können auch ohne angeschlossenen aktiven Logiktastkopf HO3508 vorgenommen werden.

Die Auswahl des LOGIK-Triggers bewirkt die Umschaltung der Triggerquelle auf die digitalen Eingänge. Wenn nach Auswahl dieses Triggertyps die SOURCE-Taste [32] gedrückt wird, erscheint ein Softmenü mit weiteren Einstellmöglichkeiten sowie ein Fenster für deren übersichtliche Darstellung.

Mit der Softmenütaste LOGIKKANAL und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld kann ein Logikkanal ausgewählt werden, für den der Triggerzustand festgelegt werden soll. Im Übersichtsmenü wird die gewählte digitale Leitung blau hinterlegt und der Triggerzustand (ZUSTAND) mit High (H), Low (L) oder unbedeutend (X) markiert. Die Auswahl des Zustandes erfolgt mit der entsprechenden Softmenütaste. Die Softmenütaste VERKNÜPF. wählt die logische Verknüpfung der digitalen Kanäle. Zur Auswahl stehen logisch UND bzw. ODER. Werden die Logikkanäle UND verknüpft, müssen die ein-gestellten Zustände aller Kanäle gleichzeitig im Eingangssignal auftreten, damit die Verknüpfung ein logisches High (H) als Ergebnis liefert. Bei der ODER Verknüpfung muss mindestens eine der definierten Pegelvorgaben erfüllt werden. Mittels Softmenütaste TRIGGER AUF wird festgelegt, ob am Beginn der Zustandsverknüpfung (WAHR) oder am Ende der Zustandsverknüpfung (UNWAHR) der Trigger gesetzt werden soll.

Ist das gewünschte Muster eingestellt, so können mit der FILTER-Taste [36] weitere Einstellungen vorgenommen werden. In dem sich öffnenden Softmenü kann die TRIGGER AUF Funktion zeitlich beschränkt werden. Ein Druck auf die oberste Softmenütaste schaltet die DAUER hinzu. Diese Funktion vergleicht die Zeitdauer t des Ausgangsimpulses der Verknüpfung mit einer eingestellten Zeitdauer t_i. Mit dem Softmenü VERGLEICH kann das Vergleichskriterium gewählt werden. Folgende sechs Kriterien stehen zur Auswahl:

- **$t_i > t$:** Die Dauer des anliegenden Bitmusters, die den Trigger auslöst, ist größer als eine einstellbare Vergleichszeit.
- **$t_i < t$:** Die Dauer des anliegenden Bitmusters, die den Trigger auslöst, ist kleiner als eine einstellbare Vergleichszeit.
- **$t_i = t$:** Die Dauer des anliegenden Bitmusters, die den Trigger auslöst, ist gleich einer einstellbaren Vergleichszeit.
- **$t_i \neq t$:** Die Dauer des anliegenden Bitmusters, die den Trigger auslöst, ist ungleich einer einstellbaren Vergleichszeit.
- **$t_1<t_i<t_2$:** Die Impulsdauer t_i, die den Trigger auslöst, ist kleiner als eine einstellbare Vergleichszeit t_2 und größer als eine einstellbare Vergleichszeit t_1.
- **Not($t_1<t_i<t_2$):** Die Impulsdauer, die den Trigger auslöst, ist größer als eine einstellbare Vergleichszeit t_2 und kleiner als eine einstellbare Vergleichszeit t_1.
- **Timeout:** Der Trigger löst aus, wenn die Verknüpfung nach der eingestellten Zeit noch gültig ist. Zeit t definiert die Zeitgrenze für die Zeitüberschreitung, bei der das Gerät auslöst.

Bei gleicher ($t_i = t$) oder ungleicher Zeitdauer ($t_i \neq t$) ist das Einstellen einer ABWEICHUNG Δt möglich. Liegt t innerhalb dieser Grenzen, ist die Triggerbedingung erfüllt. Die ZEIT bzw. ABWEICHUNG (erlaubter Toleranzbereich) kann mittels Universaldrehgeber oder der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld eingestellt werden.

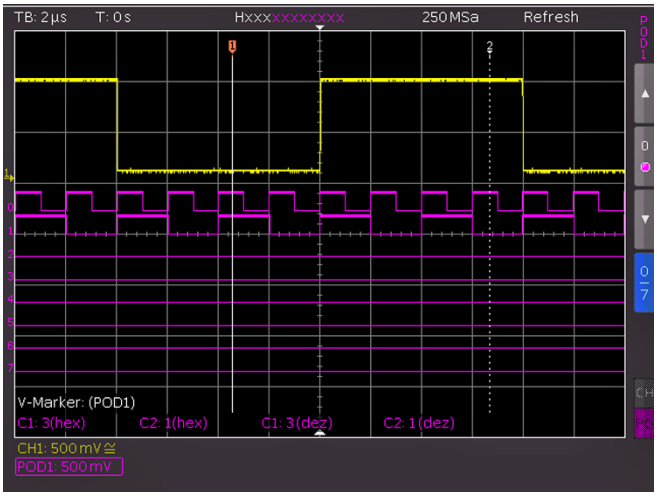


Abb. 6.3: Einstellungen der Logikkanalanzeige

Sollen die Schwellwerte für die Erkennung der logischen Eins- und Null-Zustände geändert werden, so sind Einstellungen im Kanalmenü (MENU Taste im VERTICAL Bedienfeld) notwendig. Dazu wird der POD ausgewählt (POD Taste [24]). Ist der Logikbetrieb aktiviert, so werden die di-

gitalen Kanäle auf dem Display angezeigt und POD im Kanalanzeigebereich (POD:xxxV) umrahmt. Neben der POD Kanalanzeige wird zusätzlich der Zustand des Signals angezeigt (High/Low). Wird bei aktiviertem Logikbetrieb die MENU-Taste 21 im VERTICAL Bedienfeld betätigt, so kann eine von fünf voreingestellten Logikpegeleinstellungen aktiviert werden. Von diesen sind drei fest mit den Pegeln für TTL, CMOS und ECL vorgegeben. Mit den Softmenütasten NUTZER 1 und NUTZER 2 können zwei benutzerdefinierte Logikpegeleinstellungen mit dem Universaldrehgeber oder numerisch mit der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld von –2 V bis 8 V eingestellt werden. Auf Seite 2|2 des Menüs schaltet die Softmenütaste POS. & GRÖßE ZURÜCKSETZEN die Anzeige aller digitalen Kanäle unter Benutzung von Standardwerten für deren vertikale Position und Größe ein. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, eine Bezeichnung für die aktuell fokusierte Kurve zu definieren (Softmenü NAME). Eine Bibliothek stellt eine Liste von vordefinierten Namen bereit. Der Name kann an-/ausgeschaltet bzw. editiert werden.

6.3.4 Videotrigger

Der Videotrigger ermöglicht das Triggern auf PAL, NTSC SECAM Standard Videosignale sowie auf HDTV Signale. Wenn nach Auswahl dieses Triggertyps die SOURCE-Taste 32 gedrückt wird, erscheint ein Softmenü mit weiteren Einstellmöglichkeiten Die Wahl der Quelle erfolgt mittels SOURCE-Taste 32. Mit dem Menü FILTER 36 können alle weiteren Einstellungen vorgenommen werden. Das Oszilloskop triggert, wenn das im SOURCE Menü gewählte FBAS-Signal (Farb-Bild-Austast-Synchron-Signal) die im FILTER Menü eingestellten Eigenschaften aufweist. Zunächst wird mit der Softmenütaste STANDARD der gewünschte Standard ausgewählt. Die Auswahl erfolgt mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld oder durch wiederholtes Drücken der Softmenütaste. Es sind folgende Modi auswählbar:

- PAL
- NTSC
- SECAM
- PAL-M
- SDTV 576i Interlaced
- HDTV 720p Progressive
- HDTV 1080p Progressive
- HDTV 1080i Interlaced

Die Polarität des Synchronimpulses (POS. oder NEG.) wird mit der Softmenütaste SIGNAL eingestellt. Bei positiver Videomodulation (der größte Helligkeitswert im Bild wird durch die maximale Signalspannung repräsentiert) sind die Synchronimpulse negativ, bei negativer Modulation positiv. Die Flanken der Synchronimpulse werden zur Triggerung genutzt. Daher kann eine falsche Einstellung der Polarität zu einer unregelmäßigen Auslösung des Triggers durch die Bildinformationen führen. Mit der Softmenütaste MODUS kann zwischen Bild- (BILD) und Zeilentriggerung (ZEILE) gewählt werden. Bei Wahl der ZEILE kann die exakt gewünschte Zeile von der 1ten bis zur 625ten mit dem Universaldrehgeber oder numerisch mit der KEYPAD

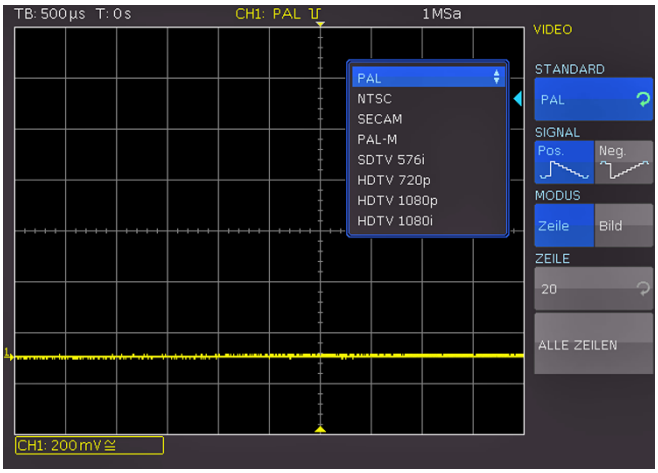


Abb. 6.4: Videotriggermenü

Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld eingestellt werden. Die Softmenütaste ALLE ZEILEN ermöglicht, dass das Oszilloskop auf den Beginn der Zeilen im Videosignal triggert. Diese Taste wählt alle Zeilen aus, d.h. auch wenn die anderen Triggerbedingungen erfüllt sind, triggert das Oszilloskop auf jede Zeile. Wird die Bildtriggerung mit BILD ausgewählt, kann auf die UNGERADEN oder nur die GERADEN Halbbilder getriggert werden. Das Oszilloskop triggert hierbei auf den Beginn der Halbbilder im Videosignal. Auch wenn die anderen Triggerbedingungen erfüllt sind, triggert das Oszilloskop auf jedes ungerade (gerade) Halbbild.

6.3.5 Hold Off Zeit

Die Trigger HOLD OFF ZEIT gibt an, wie lange das R&S®HMO1002 Oszilloskop nach einem Trigger wartet, bis das Triggersystem wieder bereit ist. Erst nach Ablauf der Trigger HOLD OFF ZEIT ist das Triggersystem wieder aktiv. Somit kann diese Funktion für eine stabile Triggerung sorgen, wenn auf unerwünschte Ereignisse getriggert wird. Idealerweise wird die HOLD OFF ZEIT zum Triggern auf periodische Signale mit mehreren Flanken verwendet.

Eine Änderung der Zeitablenkung hat keinen Einfluss auf die eingestellte HOLD OFF ZEIT.

Die HOLD OFF ZEIT kann mit dem Universaldrehgeber oder numerisch mittels KEYPAD-Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld eingegeben werden. Eine Werteeingabe von 50ns bis 10s ist möglich. Mit der unteren Zeile der Softmenütaste AUS (blau hinterlegt) wird die Funktion HOLD OFF ZEIT deaktiviert.

6.4 Trigger Events

Über das UTIL Menü im VERTICAL Bedienfeld auf Seite 2|2 kann mittels Softmenütaste ACQ. TRIGGER EV. ein Puls für jedes Trigger Event an der AUX OUT Buchse ausgegeben werden (Ausgabe der Triggerfrequenz).

7 Anzeige von Signalen

Im folgenden Kapitel werden die Auswahl und Anzeige von Signalen verschiedener Quellen, sowie die möglichen Anzeigemodi erläutert.

7.1 Anzeigeeinstellungen

Das R&S®HMO1002 verfügt über ein hochwertiges, mit LED Hintergrundbeleuchtung ausgestattetes, TFT Display mit VGA (640x480Pixel) Auflösung. Grundlegende Einstellungen des Bildschirms können mit der Taste DISPLAY [14] im GENERAL Bedienfeld eingestellt werden. Ist der VIRTUAL SCREEN aktiviert, so erscheint rechts neben dem Anzeigegitter im Display ein Rollbalken, mit dem der Anzeigebereich innerhalb der 20 Skalenteile des virtuellen Bildschirmbereichs mit Hilfe des Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld hoch- und heruntergefahren werden kann. Nähere Erläuterungen zur Funktion VIRTUAL SCREEN folgen in Kapitel 7.2.

Folgende Einstellungen können ebenfalls vorgenommen werden:

- **NUR PUNKTE:**
  Die Datenpunkte (Erfassungspunkte) aller Kurven werden nicht mit senkrechten Linien verbunden. Ist diese Funktion deaktiviert (AUS), so wird auch auch die Interpolation der Datenpunkte angezeigt.
- **INVERSE HELL.:**
  Diese Einstellung invertiert den Helligkeitsverlauf der dargestellten Signale. Im Normalfall werden häufig getroffene Punkte heller dargestellt als seltene. Die Funktion INVERSE HELL. kehrt den Sachverhalt um. Seltene Ereignisse weisen gegenüber häufig auftretenden eine höhere Helligkeit auf. Um seltene Ereignisse innerhalb eines Signales aufzuspüren, kann diese Einstellung in Verbindung mit Nachleuchten genutzt werden.
- **FALSCHFARBEN:**
  Diese Einstellung wandelt die Helligkeitsstufen der dargestellten Signale in eine Farbskala um (von Blau über Magenta, Rot und Gelb bis Weiß). Der sich daraus ergebende höhere Kontrast ermöglicht eine verbesserte Wahrnehmung der im Signal enthaltenden Details. Diese Einstellung wirkt auf alle Kurven gleichzeitig.
- **GITTER:**
  In diesem Softmenü kann die Anzeige des Gitters als LINIEN (Unterteilung des Gitters mit horizontalen und vertikalen Linien, die die Skalenteile darstellen), FADENKREUZ (Anzeige von einer horizontalen und einer vertikalen Nulllinie, die die Skalenteile als Punkte darstellt) oder AUS (die gesamte Gitterfläche enthält keine Punkte oder Linien) gewählt werden.
- **INFOFENSTER:**
  Dieses Softmenü beinhaltet Einstellmöglichkeiten über die Anzeige von Informationsfenstern. Informationsfenster sind kleine Fenster, die je nach Anwendung auf dem Bildschirm erscheinen (z.B. Einblendung der Werte bei Änderung des Offsets). Die Einstellung der TRANSPARENZ von 0% bis 100% erfolgt mit dem Universaldrehgeber oder numerisch mittels KEYPAD-Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld [4]. Je größer der eingestellte Prozentwert, desto durchsichtiger das Informationsfenster). Weiterhin ist das Informationsfenster der POSITION und KURVENHELL. ein- und ausschaltbar. Ist die Funktion POSITION aktiviert (AN), so wird bei einer Änderung der Y-Position der entsprechende Wert, auf dem sich die Nulllinie befindet, angezeigt. Ist die Funktion KURVENHELL. aktiviert (AN), so wird bei einer Änderung der Kurvenhelligkeit der entsprechende Wert angezeigt. Dem Nutzer wird je nach eingestellter Triggerart eine Information über den Zustand der Erfassung angezeigt (Softmenütaste ERF. STATUS). Die Anzeige erfolgt nur, wenn die Signalveränderungen auf dem Bildschirm längere Zeit andauern können. Ist die Triggerbedingung erfüllt, so wird ein Informationsfenster mit einer Fortschrittsanzeige des Post- und Pre-Triggers angezeigt. Ist die Triggerbedingung nicht erfüllt, wird im Informationsfenster die Zeit seit dem letzten Triggerereignis angezeigt (Trig?). Bei der Triggerart AUTOMATIK wird nach einem längeren ungetriggerten Zustand in die ungetriggerte Erfassung umgeschaltet. In dieser Erfassungsart wird kein Informationsfenster angezeigt, weil die momentan erfassten Daten dargestellt werden.
- **HILFSCURSORS:**
  Dieses Softmenü bietet Einstellungsmöglichkeiten für Hilfscursors. Durch Betätigen der Softmenütasten AN/AUS ist ein Ein- und Ausschalten der Cursors möglich. Die Softmenütaste STANDARDEINST. stellt die Standardeinstellungen wieder her.

7.2 Nutzung des virtuellen Bildschirms

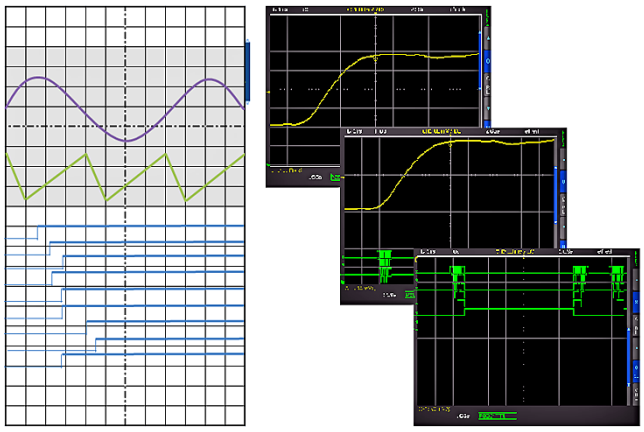


Abb. 7.1: Schema und Beispiel der Virtual Screen Funktion

Das Anzeigegitter des R&S®HMO1002 umfasst im vertikalen Bereich 8 Skalenteile, verfügt aber über einen virtuellen Anzeigebereich von 20 Skalenteilen. Diese 20 Skalenteile können von den optionalen digitalen Kanälen D0 bis D7, den Mathematikkanälen, den BUS-Signalen und den Referenzkurven genutzt werden. Die analogen Kanäle können bis zu ±10 Skalenteile um die vertikale Nulllinie nutzen.
In Abb. 7.1 ist die Funktionsweise des Virtual Screen's

dargestellt. Der auf dem Bildschirm sichtbare Bereich von 8 vertikalen Skalenteilen ist hier grau gefärbt. In diesem Bereich können die analogen Signale angezeigt werden. Neben dem Gitter ist ein kleiner Balken, der die Position der 8 sichtbaren Skalenteile innerhalb der möglichen 20 Skalenteile angibt. Wird die Taste SCROLL BAR [5] im CURSOR/MENU Bedienfeld betätigt, so wird dieser Balken aktiviert. Die 8 sichtbaren Skalenteile (grauer Bereich) können nun mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld über die möglichen 20 Skalenteile verschoben werden. Dies ermöglicht eine einfache und übersichtliche Darstellung von vielen Einzelsignalzügen.

7.3 Signalintensitätsanzeige und Nachleuchtfunktion

In der Standardeinstellung (Taste INTENS/PERSIST [7] leuchtet) lässt sich die Intensität der Signalanzeige mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld im Bereich von 0% bis 100% variieren. Wird die Taste INTENS/PERSIST [7] betätigt (LED erlischt), so öffnet sich ein Menü zum Einstellen der Kurven-/Rasterhelligkeit, Hintergrundbeleuchtung und Nachleuchtfunktion.

Die Softmenütasten KURVE, RASTER und HINTERGR.-BEL. ermöglichen die Helligkeitseinstellung der Kurve, des Rasters und der Hintergrundbeleuchtung mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld. Das Softmenü EINSTELLUNGEN ermöglicht die Nachleuchteinstellung der Kurven auf dem Bildschirm. Die Funktion Nachleuchten bewirkt, dass Signale bei der Aktualisierung des Bildschirms nicht ersetzt, sondern für eine gewisse Dauer auf dem Bildschirm verweilen und langsam verblassen. Diese Darstellungsform kommt der eines Analogoszilloskop sehr nahe und eignet sich besonders bei sich verändernden Signalen. Mit der Einstellung AUTOMATISCH wird die automatische Konfiguration des Nachleuchtens gewählt. Das Messgerät versucht in dieser Einstellung die optimale Zeit selbst zu wählen. Mit Aus wird die Nachleuchtfunktion deaktiviert.

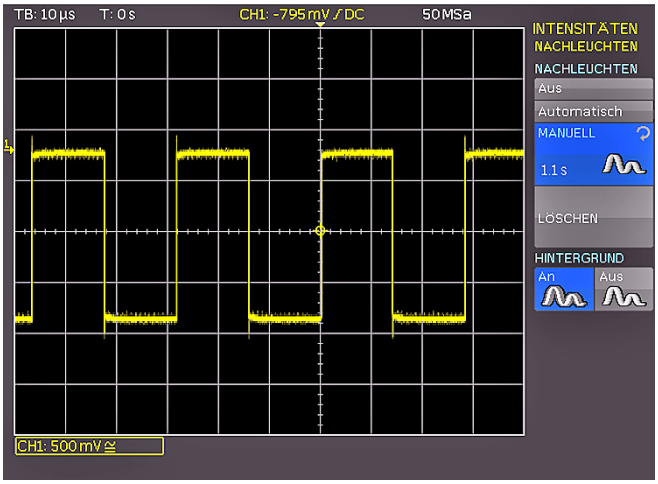


Abb. 7.3: Nachleuchtfunktion

Zusätzlich kann mit der Softmenütaste MANUELL eine künstliche Alterung der Signale herbeigeführt werden. Hierbei ist eine Nachleuchtdauer von 50 ms bis unendlich mit dem Universaldrehgeber oder numerisch mit der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld einstellbar. Wird eine endliche Zeit gewählt, so werden innerhalb dieser Zeit neue Signale auf dem Bildschirm übereinandergeschrieben, wobei die selten auftretenden Signale dunkler dargestellt werden als häufigen. Werden z.B. 300 ms eingestellt, so werden die Aufnahmen in 50 ms Schritten dunkler dargestellt und 300 ms gelöscht.

Die Softmenütaste HINTERGRUND aktiviert (AN) oder deaktiviert (AUS) einen Modus, bei dem ältere Kurven nach der eingestellten Nachleuchtzeit nicht gänzlich verschwinden, sondern im Hintergrund mit geringer Helligkeit weiterhin angezeigt werden. Diese Anzeige ermöglicht zum Beispiel die Analyse der Extremwerte mehrerer Signale.

7.4 XY-Darstellung

Bei der XY-Darstellung werden zwei Signale im Koordinatensystem gegeneinander aufgetragen. Praktisch bedeutet dies, dass die Zeitablenkung X durch Amplitudenwerte einer zweiten Quelle ersetzt wird. Die daraus folgenden Kurven werden bei harmonischen Signalen Lissajous-Figuren genannt und gestatten die Analyse der Frequenz- und Phasenlage dieser beiden Signale zueinander. Bei nahezu gleicher Frequenz dreht sich die Figur. Bei genau gleicher Frequenz bleibt die Figur stehen und die Phasenlage lässt sich nach ihrer Form ablesen.

Die XY-Darstellung wird über die UTIL Taste [19] (Softmenütaste XY) im VERTICAL Bedienfeld aktiviert. Die Bildschirmanzeige wird in einen großen und drei kleine Anzeigebereiche geteilt. Das große Rasterbild stellt die XY-Darstellung dar, wobei die kleinen Rasterbilder die Quelle für X und Y darstellen. In den kleinen Fenstern werden die Signale klassisch als Y- über der Zeit dargestellt. Als Quelle für X und Y können Kanal 1 (CH1) und Kanal 2 (CH2) gewählt werden.

8 Messungen

Es wird zwischen zwei Arten von Signalmessungen unterschieden: Cursor-Messungen und Auto-Messungen. Alle Messungen erfolgen auf einem Pufferspeicher, der größer als der Bildschirmspeicher ist. Der eingebaute Hardwarezähler zeigt für den ausgewählten Eingang die Frequenz oder Periodendauer an.

8.1 Cursor-Messfunktionen

Die am häufigsten genutzte Messmöglichkeit an einem Oszilloskop ist die Cursor-Messung. Je nach eingestellter Messart werden bis zu drei Cursors zur Verfügung gestellt. Durch Drücken der Taste CURSOR MEASURE wird das Menü der Cursor-Messungen geöffnet. Das Menü CURSOR MEASURE erlaubt die Auswahl von Cursor bezogenen Messungen für eine aktivierte Signalquelle des Oszilloskops. Die jeweilige MESSART wird mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt. Folgende Messarten können ausgewählt werden:

SPANNUNG: Dieser Modus stellt zwei Cursors bereit, um drei unterschiedliche Spannungen zu messen. Die Werte V1 und V2 entsprechen der Spannung zwischen der Nulllinie der ausgewählten Kurve und der aktuellen Position des ersten oder zweiten Cursors. Der Wert ΔV entspricht dem Betrag der Spannung zwischen beiden Cursors.

ZEIT: Dieser Modus stellt zwei Cursors bereit, um drei verschiedene Zeiten und eine äquivalente Frequenz zu messen. Die Werte t1 und t2 entsprechen der Zeit zwischen dem Trigger und der aktuellen Position des ersten oder zweiten Cursors. Der Wert Δt entspricht dem Betrag der Zeit zwischen beiden Cursors.

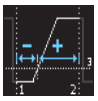
VERHÄLTNIS X: Dieser Modus stellt drei Cursors bereit, um ein Verhältnis in X-Richtung (z.B. ein Tastverhältnis) zwischen den ersten beiden, sowie dem ersten und dem dritten Cursor zu messen. Der Messwert wird in vier unterschiedlichen Versionen (als Gleitkommawert, in Prozent, Grad und Bogenmaß) angezeigt.

VERHÄLTNIS Y: Dieser Modus stellt drei Cursors bereit, um ein Verhältnis in Y-Richtung (z.B. ein Überschwingen) zwischen den ersten beiden, sowie dem ersten und dem dritten Cursor zu messen. Der Messwert wird in zwei unterschiedlichen Versionen (als Gleitkommawert und in Prozent) angezeigt.

ZÄHLEN: Dieser Modus stellt drei Cursors bereit, um Signalwechsel zu zählen, die innerhalb einer mit den ersten beiden Cursors einstellbaren Zeitspanne die mit dem dritten Cursor einstellbare Schaltschwelle überschreiten. Der Messwert wird in vier unterschiedlichen Versionen (als Anzahl der steigenden und fallenden Flanken, sowie als Anzahl von positiven und negativen Impulsen) angezeigt.

SPITZENWERTE: Dieser Modus stellt zwei Cursors bereit, um die minimale und die maximale Spannung eines Signals innerhalb der mit den beiden Cursors einstellbaren Zeitspanne zu messen. Die Werte Vp- und Vp+ entsprechen der minimalen bzw. der maximalen Spannung. Der Spitzenwert (V_{pp}) entspricht dem Betrag der Spannung zwischen dem minimalen und maximalen Wert.

RMS, MITTELW., STD. ABWEICHUNG σ: Dieser Modus stellt zwei Cursors bereit, um den Effektivwert (RMS = Root Mean Square), den Mittelwert sowie die Standardabweichung innerhalb einer mit den beiden Cursors einstellbaren Zeitspanne zu messen.



TASTVERHÄLTNIS: Dieser Modus stellt drei Cursors bereit, um das Tastverhältnis zwischen den beiden horizontalen Begrenzungscursors zu ermitteln. Der dritte Cursor legt die Schwelle fest, bei der das Tastverhältnis gemessen wird.

BURSTBREITE: Dieser Modus ermittelt die Dauer eines Burst-Paketes von der ersten bis zur letzten Flanke (Bst).

ANSTIEGSZEIT 90%: Dieser Modus stellt zwei Cursors bereit, um Anstiegs- und Abfallzeit der jeweils ganz linken Flanke innerhalb einer mit den beiden Cursors einstellbaren Zeitspanne automatisch zu messen. Hier wird die Anstiegszeit von 10% bis 90% gemessen.

ANSTIEGSZEIT 80%: Dieser Modus stellt zwei Cursors bereit, um Anstiegs- und Abfallzeit der jeweils ganz linken Flanke innerhalb einer mit den beiden Cursors einstellbaren Zeitspanne automatisch zu messen. Hier wird die Anstiegszeit von 20% bis 80% gemessen.

V-MARKER: Dieser Modus stellt zwei Cursors bereit, um drei unterschiedliche Spannungen und eine Zeit zu messen. Die Werte V1 und V2 entsprechen der Spannung zwischen der Nulllinie der ausgewählten Kurve und der aktuellen Position des ersten oder zweiten Cursors. Der Wert ΔV entspricht dem Betrag der Spannung zwischen beiden Cursors. Der Wert Δt entspricht dem Betrag der Zeit zwischen beiden Cursors.

CREST FAKTOR: Der Crest Faktor bzw. der Scheitelfaktor wird aus dem Verhältnis des Maximalwertes zum RMS Wert der Kurve berechnet (Crest).

Um die Cursors zu bewegen, wird der gewünschte Cursor durch Druck auf den Universaldrehgeber im CURSOR/

MENU Bedienfeld ausgewählt und durch Drehen des Universaldrehgebers positioniert. Das Ergebnis der Cursor-Messung wird, je nach eingestellter Messquelle (Softmenütaste QUELLE), in der jeweiligen Kanal-Schriftfarbe angezeigt. Die Ergebnisse befinden sich am unteren Rand des Bildschirms. Wird „n/a“ angezeigt, so ist die Messung auf das Signal nicht anwendbar. Das ist z.B. bei einer Spannungsmessung auf einem POD der Fall, weil hierbei nur logische Zustände ohne Spannungsbezug dargestellt werden. Wird ein „?“ angezeigt, so liefert die Anzeige kein vollständiges Messergebnis. Beispielsweise ist die zu messende Periode nicht vollständig dargestellt und kann dadurch nicht ermittelt werden.

Ist die Funktion AUTOM. QUELLE aktiviert (An), wird automatisch der aktuell fokusierte Kanal als Quelle für die Messung verwendet. Bei deaktivierter Einstellung (Aus) gilt der unter QUELLE eingestellte Kanal, auch wenn er nicht im Fokus steht. Durch Drücken der Softmenütaste SETZEN werden die gerade eingestellten Cursors bestmöglich auf der Signalkurve positioniert. Dies ermöglicht eine sehr schnelle und meist optimale (automatische) Positionierung der Cursors. Damit sind im Idealfall nur noch Feinjustierungen nötig und lästige Grobeinstellungen der Cursors entfallen. Sollte aufgrund von sehr komplexen Kurvenverläufen das automatisierte SETZEN nicht das gewünschte Ergebnis liefern, so können die Cursors mittels Softmenütaste ZENTRIEREN in eine definierte Ausgangsposition gebracht werden. Somit können beispielsweise weit entfernte Cursors wieder zurück auf den Bildschirm geholt werden. Die Softmenütaste KLEBEN bewirkt, dass die Cursors auf dem eingestellten Datenpunkt bleiben und bei einer Änderung der Skalierung die Position im Messsignal nicht ändern (Cursors werden an das Signal „geklebt“). Diese Funktion kann ein- oder ausgeschaltet werden. Ist die Funktion Kleben deaktiviert, verweilt der Cursor bei einer Skalierung in seiner Position auf dem Bildschirm. Bei deaktivierten Kleben ändert sich der gemessene Wert, bei aktiviertem Kleben nicht.

Durch Druck auf die Taste CURSOR MEASURE werden die Cursors deaktiviert und das Menü der Cursor-Messungen geschlossen.

8.2 Auto-Messfunktionen

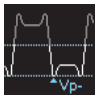
Der R&S®HMO1002 verfügt neben den Cursor-Messungen auch über verschiedene Auto-Messfunktionen, welche über die Taste AUTO MEASURE [11] im ANALYZE Bedienfeld aktiviert werden können. Dieses Menü erlaubt die Einstellungen von bis zu sechs Auto-Messfunktionen, die mit der Softmenütaste MESSPLATZ und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt werden können.
Folgende Auto-Messarten stehen zur Verfügung:

MITTELWERT: Dieser Modus misst den Mittelwert der Signalamplitude (Mean). Ist das Signal periodisch, wird die erste Periode am linken Bildschirmrand für die Messung verwendet. Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal.

EFFEKTIVWERT: Dieser Modus ermittelt den Effektivwert aus dem dargestellten Ausschnitt der Signalkurve (RMS). Ist das Signal periodisch, so wird die erste Periode für die Messung verwendet. Der Effektivwert ist nicht auf ein Sinussignal bezogen, sondern wird direkt berechnet (sog. TrueRMS). Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal.

SPITZE–SPITZE: Dieser Modus misst die Spannungsdifferenz zwischen dem maximalen und dem minimalen Spitzenwert des Signals innerhalb des dargestellten Ausschnitts (V_{pp}).

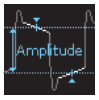
SPITZE + : Dieser Modus misst den maximalen Spannungswert im dargestellten Bereich des Bildschirms (V_{p+}). Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal.



SPITZE – : Dieser Modus misst den minimalen Spannungswert im dargestellten Bereich des Bildschirms (V_{p-}). Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal.

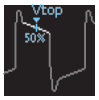
FREQUENZ: Dieser Modus ermittelt die Frequenz des Signals aus dem reziproken Wert der ersten Signalperiode T (f). Die Messung erfolgt nur für den gewählten Kanal.

PERIODE: Dieser Modus misst die Dauer der Signalperiode T. Die Periode kennzeichnet die Zeitdauer zwischen zwei gleichen Werten eines sich zeitlich wiederholenden Signals.



AMPLITUDE: Dieser Modus misst die Amplitude eines Rechtecksignals (V_{Amp}). Dabei wird die Spannungsdifferenz zwischen dem oberen und unteren Pegel (V_{Base} und V_{Top}) gebildet. Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal und benötigt mindestens eine komplette Periode eines getriggerten Signals.

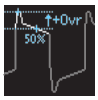
CREST FAKTOR: Der Crest Faktor bzw. der Scheitelfaktor wird aus dem Verhältnis des Maximalwertes zum RMS Wert der Kurve berechnet (Crest).



OBERER PEGEL: Dieser Modus misst den mittleren Spannungspegel eines oberen Rechteck-Daches (V_{Top}). Dabei wird der Mittelwert der Dachschräge gebildet (ohne Überschwingen). Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal und benötigt mindestens eine komplette Periode eines getriggerten Signals.

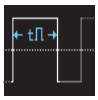
UNTERER PEGEL: Dieser Modus misst den mittleren Spannungspegel des unteren Rechteck-Daches (V_{Base}). Dabei wird der Mittelwert

der Dachschräge gebilded (ohne Überschwingen). Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal und benötigt mindestens eine komplette Periode eines getriggerten Signals.

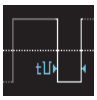


POSITIVES ÜBERSCHWINGEN: Dieser Modus ermittelt das positive Überschwingen eines Rechtecksignales, welches aus den Messwerten Spitze+, oberer Pegel und Amplitude errechnet wird (+Ovr).

NEGATIVES ÜBERSCHWINGEN: Dieser Modus ermittelt das negative Überschwingen eines Rechtecksignales, welches aus den Messwerten Spitze-, unterer Pegel und Amplitude errechnet wird (-Ovr).



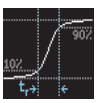
PULSBREITE +: Dieser Modus misst die Breite des positiven Pulses. Ein positiver Puls besteht aus einer steigenden Flanke gefolgt von einer fallenden Flanke. Bei dieser Messart werden die beiden Flanken ermittelt und aus deren Zeitdifferenz die Pulsbreite errechnet (t). Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal und benötigt mindestens einen komplett dargestellten Puls eines getriggerten Signals.



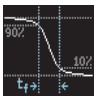
PULSBREITE –: Dieser Modus misst die Breite des negativen Pulses. Ein negativer Puls besteht aus einer fallenden Flanke gefolgt von einer steigenden Flanke. Bei dieser Messart werden die beiden Flanken ermittelt und aus deren Zeitdifferenz die Pulsbreite errechnet (t). Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal und benötigt mindestens einen komplett dargestellten Puls eines getriggerten Signals.

TASTVERHÄLTNIS +: Dieser Modus misst das positive Tastverhältnis. Dabei werden die positiven Signalanteile über eine Periode ermittelt und zur Signalperiode ins Verhältnis gesetzt. Das Ergebnis Dty+ wird als Prozentwert der Signalperiode ausgegeben. Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal und benötigt mindestens eine komplette Periode eines getriggerten Signals.

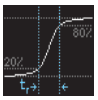
TASTVERHÄLTNIS –: Dieser Modus misst das negative Tastverhältnis. Dabei werden die negativen Signalanteile über eine Periode ermittelt und zur Signalperiode ins Verhältnis gesetzt. Das Ergebnis Dty- wird als Prozentwert der Signalperiode ausgegeben. Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal und benötigt mindestens eine komplette Periode eines getriggerten Signals.



ANSTIEGSZEIT 90%: Dieser Modus misst die Anstiegszeit der ersten steigenden Flanke im dargestellten Bereich des Bildschirms (t_r). Die Anstiegszeit kennzeichnet die Zeit, in der das Signal von 10% auf 90% seiner Amplitude ansteigt.



ABFALLZEIT 90%: Dieser Modus misst die Abfallzeit der ersten fallenden Flanke im dargestellten Bereich des Bildschirms (t_f). Die Abfallzeit kennzeichnet die Zeit, in der das Signal von 90% auf 10% seiner Amplitude abfällt.

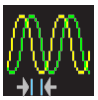


ANSTIEGSZEIT 80%: Dieser Modus misst die Anstiegszeit der ersten steigenden Flanke im dargestellten Bereich des Bildschirms (t_{r80}). Die Anstiegszeit kennzeichnet die Zeit, in der das Signal von 20% auf 80% seiner Amplitude ansteigt.

ABFALLZEIT 80%: Dieser Modus misst die Abfallzeit der ersten fallenden Flanke im dargestellten Bereich des Bildschirms (t_{f80}). Die Abfallzeit kennzeichnet die Zeit, in der das Signal von 80% auf 20% seiner Amplitude abfällt.

σ-STD. ABWEICHUNG: Dieser Modus misst die Standardabweichung der Signalamplitude im dargestellten Bereich des Bildschirmes (σ). Die Standardabweichung ist ein Maß für die Abweichung eines Signals von seinem Mittelwert. Ein geringes Ergebnis zeigt an, dass die Werte nahe um den Mittelpunkt liegen. Ein größeres Ergebnis verdeutlicht, dass die Werte durchschnittlich weiter entfernt liegen.

VERZÖGERUNG: Die Messung der Verzögerung misst den zeitlichen Versatz zwischen der eingestellten Messquelle und der Referenzquelle (Dly). Dabei wird die am nächsten zur Zeitreferenz liegende Flanke der Messquelle gesucht und von diesem Zeitpunkt beginnend die am nähesten liegende Flanke der Referenzquelle gesucht. Aus diesem Zeitunterschied ergibt sich das Messergebnis. Die Einstellungen der Mess-, Referenzquelle und der Flanken sind im Softmenü DELAY EINST. möglich.



PHASE: Dieser Modus misst die Phase zwischen den Flanken zweier Kanäle im dargestellten Bereich des Bildschirms (Phs). Die Messung der Phase misst das Verhältnis des zeitlichen Versatzes zwischen den eingestellten Quellen zur Signalperiode der Messquelle. Dabei wird die am nähesten zur Zeitreferenz liegende Flanke der Messquelle gesucht und von diesem Zeitpunkt beginnend die am nähesten liegende Flanke der Referenzquelle gesucht. Aus diesem Zeitunterschied und der Signalperiode ergibt sich das Messergebnis in Grad. Die Einstellungen der Mess- und Referenzquelle sind mit der Softmenütaste MESSQUELLE bzw. REFERENZQUELLE und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld möglich.

BURSTBREITE: Dieser Modus ermittelt die Dauer eines Burst-Paketes von der ersten bis zur letzten Flanke (Bst).

ZÄHLEN + : Dieser Modus zählt positive Impulse im dargestellten Bereich des Bildschirms (Cnt). Ein positiver Impuls besteht aus einer steigenden Flanke, gefolgt von einer fallenden Flanke. Aus der Amplitude des Messsignals wird der Mittelwert gebildet. Eine Flanke wird gezählt, wenn das Signal den Mittelwert durchläuft. Ein Impuls mit nur einem Durchgang durch den Mittelwert wird nicht gezählt. Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal.

ZÄHLEN – : Dieser Modus zählt negative Impulse im dargestellten Bereich des Bildschirms (Cnt). Ein negativer Impuls besteht aus einer fallenden Flanke, gefolgt von einer steigenden Flanke. Aus der Amplitude des Messsignals wird der Mittelwert gebildet. Eine Flanke wird gezählt, wenn das Signal den Mittelwert durchläuft. Ein Impuls mit nur einem Durchgang durch den Mittelwert wird nicht gezählt. Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal.

ZÄHLEN +/ : Dieser Modus zählt Signalwechsel (Flanken) vom Low Level zum High Level im dargestellten Bereich des Bildschirms (Cnt). Aus der Amplitude des Messsignals wird der Mittelwert gebildet. Eine Flanke wird gezählt, wenn das Signal den Mittelwert durchläuft. Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal.

ZÄHLEN –/ : Dieser Modus zählt Signalwechsel (Flanken) vom High Level zum Low Level im dargestellten Bereich des Bildschirms (Cnt). Aus der Amplitude des Messsignals wird der Mittelwert gebildet. Eine Flanke wird gezählt, wenn das Signal den Mittelwert durchläuft. Die Messung erfolgt jeweils nur für den ausgewählten Kanal.

TRIGGERFREQUENZ: Dieser Modus misst die Frequenz des Triggersignals basierend auf der Periodendauer (f_{Tr}). Die Quelle für die Messung ist die aktuell eingestellte Triggerquelle. Die Frequenz wird mit einem Hardwarezähler ermittelt, der eine hohe Genauigkeit von 5 Stellen hat.

TRIGGERPERIODE: Dieser Modus misst die Dauer der Perioden des Triggersignals mit einem Hardwarezähler (T_{Tr}).

Das Ergebnis der Auto-Messung wird, je nach eingestellter Messquelle (Softmenütaste QUELLE), in der jeweiligen Kanal-Schriftfarbe angezeigt. Die Ergebnisse befinden sich am unteren Rand des Bildschirmes. Wird „n/a“ angezeigt, so ist die Messung auf das Signal nicht anwendbar. Das ist z.B. bei einer Spannungsmessung auf einen POD der Fall, weil hierbei nur logische Zustände ohne Spannungsbezug dargestellt werden. Wird ein „?“ angezeigt, liefert die Anzeige kein vollständiges Messergebnis. Beispielsweise ist die zu messende Periode nicht vollständig dargestellt und kann dadurch nicht ermittelt werden.

Aufgelistet werden nur die aktuell ausgewählten Quellen (mögliche Quellen sind die analogen, die digitalen und die Mathematikkanäle).

Die Softmenütaste ALLE AUS schaltet alle zuvor aktivierten Auto-Messungen aus.

9 Analyse

Das R&S®HMO1002 verfügt über verschiedene Analysefunktionen für erfasste Datensätze, die auf dem Bildschirm angezeigt werden. Einfache mathematische Funktionen können mit der Mathematik durchgeführt werden. Zusätzlich lässt sich die Frequenzanalyse (FFT) mit einem Tastendruck aktivieren. Für einen schnellen Überblick über die Signaleigenschaften sorgt die QUICK VIEW Funktion. Ein maskenbasierter PASS/FAIL Test erlaubt die automatisierte Überwachung von Signalen.

9.1 Mathematik-Funktionen

Das MATH Menü im VERTICAL Bedienfeld beinhaltet einfache Rechenfunktionen für die aufgenommenen Signalformen. Die mathematischen Funktionen verfolgen die Änderungen der beinhalteten Signale und beziehen sich nur auf den sichtbaren Bereich des Bildschirms. Wird ein Signal am Bildschirmrand abgeschnitten, kann auch die zugehörige Mathematik-Kurve abgeschnitten sein. Ist eine Mathematik-Funktion aktiviert, so kann diese mittels VOLTS/DIV Drehgeber skaliert werden.

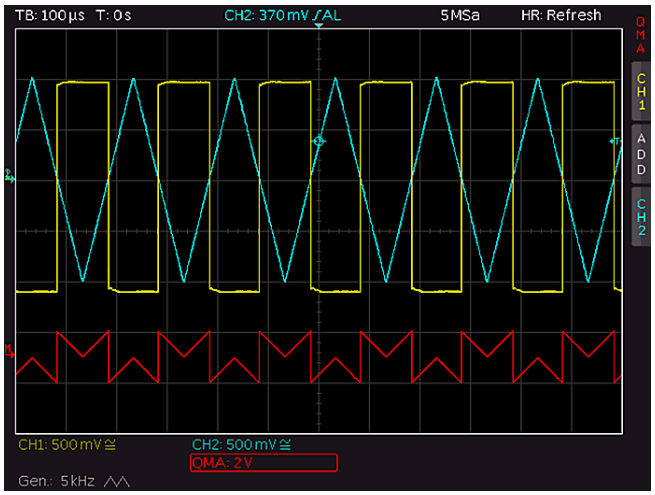
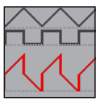
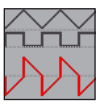


Abb. 9.1: Beispiel einer Mathematikkurve

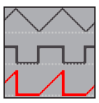
Im Mathematik Kurzmenü kann mit den Softmenütasten die Konfiguration der Mathematik-Funktion vorgenommen werden. Wird die Taste MENU im VERTICAL Bedienfeld betätigt, so wird eine ausführlichere Darstellung des MA Menüs geöffnet. Die Softmenütasten OPERAND 1 und OPERAND 2 wählen den jeweiligen Kanal (Quelle) für die Mathematik-Berechnung. Es können nur Analogkanäle ausgewählt werden, die aktiviert sind. Mit der Softmenütaste OPERATOR wird die Berechnungsart ausgewählt. Folgende Berechnungsarten können gewählt werden:
Die Operanden bzw. der Operator werden mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt.



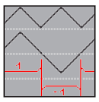
Addition (ADD)



Subtraktion (SUB)



Multiplikation (MUL)



Division (DIV)

9.2 Frequenzanalyse (FFT)

Grundsätzlich unterscheidet sich die FFT in einem Oszilloskop von einem Spektrumanalysator und richtet sich neben der Zeitbasiseinstellung auch nach der verfügbaren Anzahl der verwendeten Erfassungspunkte bei der FFT Berechnung. Es können bis zu 128k Punkte in die FFT einbezogen werden.

Für eine Analyse von sehr langsamen Signalen (Hz-Bereich) ist die FFT ungeeignet; hierfür wird der klassische Oszilloskopmodus verwendet.

Das FFT Menü im ANALYZE Bedienfeld ermöglicht eine schnelle Fourier-Transformation, welche das Frequenzspektrum des gemessenen Signals darstellt. Die veränderte Darstellungsweise ermöglicht die Ermittlung der im Signal hauptsächlich vorkommenden Frequenzen und deren Amplitude. Nach der Aktivierung des FFT Menüs wird der Bildschirm wird in zwei Gitter unterteilt. Im oberen Bereich wird die Spannungs-Zeitkurve angezeigt, im unteren Bereich das Ergebnis der Fourier-Analyse. In der Anzeige oben links befinden sich die Informationen zu den Einstellungen im Zeitbereich, zwischen dem oberen und unteren Fenster die Zoom- und Positionsangaben und unterhalb des großen FFT Anzeigefensters die Einstellungen (Span und Center) im Frequenzbereich. Das untere FFT Anzeigefenster ist nach dem Aktivieren der FFT weiß umrandet. Diess bedeutet, dass der große Drehknopf im HORIZONTAL Bedienfeld den Span einstellt. Der Span wird in der Einheit Hz (Hertz) angegeben und kennzeichnet die Breite des dargestellten Frequenzbereiches. Die Position des Spans kann über den Wert von Center mittels des POSITION Drehgebers im HORIZONTAL Bedienfeld eingestellt werden. Der dargestellte Frequenzbereich erstreckt sich von (Center - Span/2) bis (Center + Span/2).

Die minimale Schrittweite ist abhängig von der Zeitbasis. Je größer die Zeitbasis, desto kleiner der Span. Wichtige Voraussetzung für die FFT ist die Einstellung max. Abtastrate im ACQUIRE Menü.

Mit der Softmenütaste MODUS können folgende Anzeigearten gewählt werden:

- **NORMAL:**
  Die Berechnung und Darstellung der FFT erfolgt ohne zusätzliche Bewertung oder Nachbearbeitung der erfassten Daten. Die neuen Eingangsdaten werden erfasst, angezeigt und überschreiben dabei die vorher gespeicherten und angezeigten Werte.
- **HÜLLKURVE:**
  Im Modus Hüllkurve werden zusätzlich zum aktuellen Spektrum die maximalen Auslenkungen aller Spektren separat gespeichert und bei jedem neuen Spektrum aktualisiert. Diese Maximalwerte werden mit den Eingangsdaten angezeigt und bilden eine Hüllkurve die zeigt, in welchen Grenzen das Spektrum liegt. Es bildet sich eine Fläche oder ein Schlauch mit allen jemals aufgetretenen FFT Kurvenwerten. Bei jeder Änderung der Signalparameter wird ein Rücksetzen der Hüllkurve veranlasst.

- **MITTELWERT:**
  Dieser Modus bildet den Mittelwert aus mehreren Spektren und ist zur Rauschunterdrückung geeignet. Mit der Softmenütaste MITTELW. und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld wird die Anzahl der Spektren für die Mittelwertbildung in 2er Potenzen von 2 bis 512 eingestellt.

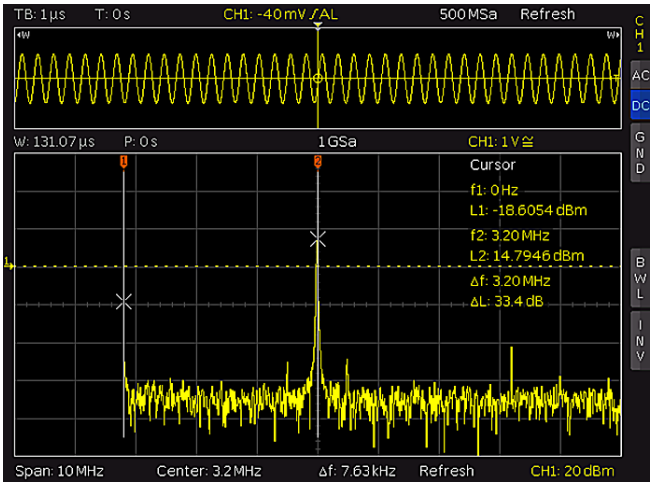
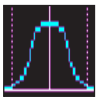
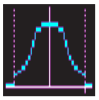


Abb. 9.2: FFT

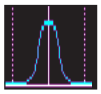
Die Softmenütaste PUNKTE erlaubt die Einstellung der maximal in die FFT Berechnung einbezogene Anzahl der Erfassungspunkte mit Hilfe des Universaldrehgebers im CURSOR/MENU Bedienfeld. Die möglichen Einstellungen sind 2048, 4096, 8192, 16384, 32768, 65536, 131072 Punkte. Mehr Punkte bei einem gleichbleibenden Span resultieren in einer kleineren Frequenzschrittweite der FFT. Die Punkteanzahl der Ausgangsdaten ist halb so groß, wie die der Eingangsdaten. Die Softmenütaste FENSTER verbessert die FFT-Darstellung bei Unstetigkeiten an den Grenzen des Messintervalls. Unstetigkeiten werden von einem Rechenalgorithmus als Sprung ausgewertet und überlagern das Messergebnis. Im Falle einer glockenförmigen Fensterfunktion werden die Grenzen mit niedrigeren Werten multipliziert und der Einfluss gedämpft. Folgende Darstellungsformen können gewählt werden:



HANNING: Die Hanning-Fensterfunktion ist glockenförmig. Sie ist im Gegensatz zu der Fensterfunktion Hamming am Rand des Messintervals gleich Null. Daher wird der Rauschpegel im Spektrum reduziert und die Breite der Spektrallinien vergrößert. Diese Funktion kann z.B. für eine amplitudengenaue Messung eines periodischen Signals genutzt werden.



HAMMING: Die Hamming-Fensterfunktion ist glockenförmig. Sie ist im Gegensatz zur Hanning- und Blackman Fensterfunktion am Rand des Messintervalls ungleich Null. Daher ist die Höhe des Rauschpegels im Spektrum größer als bei der Hanning- oder Blackman-Fensterfunktion, aber kleiner als bei der Rechteck-Fensterfunktion. Die Spektrallinien sind hingegen im Vergleich zu den anderen glockenförmigen Funktionen schmaler. Diese Funktion kann z.B. für eine amplitudengenaue Messung eines periodischen Signals genutzt werden.



BLACKMAN: Die Blackman-Fensterfunktion ist glockenförmig und besitzt den steilsten Abfall in ihrer Kurvenform unter den verfügbaren Funktionen. Sie ist an den beiden Enden des Messintervalls Null. Mittels der Blackman-Fensterfunktion sind die Amplituden sehr genau messbar. Die Frequenz hingegen ist aufgrund der breiten Spektrallinien schwieriger zu bestimmen. Diese Funktion kann z.B. für eine amplitudengenaue Messung eines periodischen Signals genutzt werden.

RECHTECK: Die Rechteck-Fensterfunktion multipliziert alle Punkte mit Eins. Daraus resultiert eine hohe Frequenzgenauigkeit mit dünnen Spektrallinien und erhöhtem Rauschen. Diese Funktion kann bei Impulsantwort-Tests verwendet werden, wenn die Anfangs- und Endwerte Null sind.

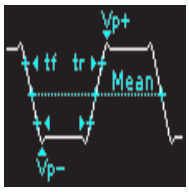
Mit der Softmenütaste Y-SKALIERUNG kann die FFT in der Amplitude logarithmisch (dBm / dBV) oder linear (V_{eff}) skaliert dargestellt werden. Die Einheit dBm (Dezibel-Milliwatt) bezieht sich dabei auf 1 mW. Die Einheit dBV (Dezibel-Volt) bezieht sich auf 1 V_{eff}. Die angezeigten Werte beziehen sich auf einen 50 Ω Abschlusswiderstand. Dabei kann ein externer Abschlusswiderstand parallel zum hochohmigen Eingang angeschlossen werden.

Die FFT Funktion kann durch Drücken der Softmenütaste FFT AUS oder durch nochmaliges Drücken der FFT-Taste im ANALYZE Bedienfeld deaktiviert werden.

9.3 Quick View

Nach dem Drücken der QUICK VIEW-Taste im ANALYZE Bedienfeld werden einige grundlegende, automatische Messungen aktiviert. Diese Funktion zeigt einen schnellen Überblick über die typischen Signalgrößen. Die Ergebnisse der Messungen werden am unteren Bildschirmrand angezeigt. Folgende fünf Messwerte werden direkt am Signal angezeigt:

- Maximaler Spannungswert (Vp+)
- Mittlerer Spannungswert (Mean)
- Minimaler Spannungswert (V_{p-})
- Anstiegszeit (t_r)
- Abfallzeit (t_f)



Zehn weitere Messwerte werden am unteren Bildschrimrand angezeigt:

- RMS Wert
- Spitze-Spitze Spannung (V_{pp})
- Amplitude (V_{Amp})
- pos. Pulsbreite
- pos. Tastverhältnis (Dty+)
- Periodendauer (T)
- Frequenz (f)
- Anzahl pos. Flanken (Cnt)
- neg. Pulsbreite
- neg. Tastverhältnis (Dty-)

Mittels AUTO MEASURE Taste können die sechs Messparameter rechts unter dem Bildschirm verändert werden. Diese Änderungen werden erst durch ein RESET bzw. das Laden der Standardeinstellungen rückgängig gemacht. Im Quick View Modus kann immer nur ein Kanal aktiv sein. Alle Messungen erfolgen auf dem aktiven Kanal. Ein erneuter Druck auf die QUICK VIEW-Taste schaltet den Modus aus.

9.4 PASS/FAIL Test basierend auf Masken

Mit Hilfe des Pass/Fail-Tests kann ein Signal darauf untersucht werden, ob es sich innerhalb definierter Grenzen befindet. Diese Grenzen werden durch eine sogenannte Maske gesetzt. Überschreitet das Signal die Maske, liegt ein Fehler vor. Diese Fehler werden zusammen mit den erfolgreichen Durchläufen und den gesamten Durchläufen am unteren Rand des Bildschirms angezeigt. Zusätzlich ist es möglich bestimmte Aktionen bei einem Fehler auszuführen. Auf Seite 2|2 des UTIL Menüs im VERTICAL Bedienfeld

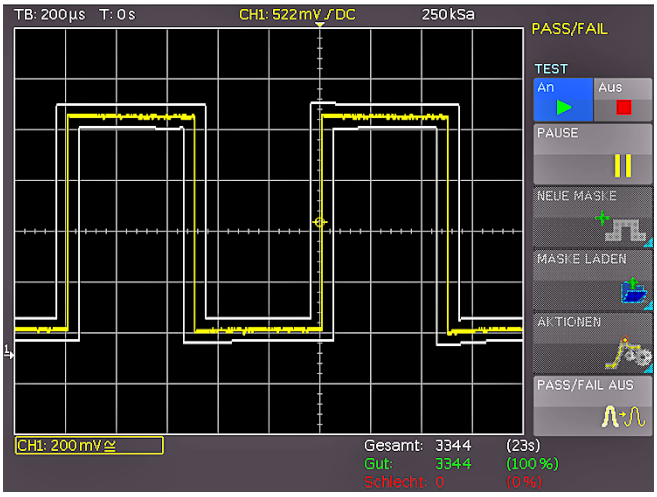


Abb. 9.3: PASS/FAIL Maskentest

kann das PASS/FAIL Menü geöffnet werden. Bevor ein Maskentest mit der Softmenütaste TEST gestartet wird (AN), muss eine Maske erstellt / geladen und eine Aktion gewählt werden. Masken werden auf dem Bildschirm als grau-weiße Kurven dargestellt. Wurde eine Maske kopiert oder geladen, können die Ausdehnungen der Signalform und damit die Grenzen für den Test mittels der Menüpunkte verändert werden. Um eine neue Maske zu erstellen, wird die Softmenütaste NEUE MASKE betätigt. In diesem Menü wird mit der Softmenütaste KANAL KOPIEREN das aktuelle Signal in einen Maskenspeicher kopiert. Diese Maske ist weiß und liegt genau auf dem Ausgangssignal. Mit den Softmenütasten Y-POSITION und STRECKUNG Y kann diese Kurve vertikal verschoben oder vergrößert werden. BREITE Y und BREITE X ermöglichen die Toleranzeinstellung der Maske. Mit dem Universaldrehgeber oder der KEYPAD-Taste im CURSOR/MENU Bedienbereich lassen sich die Werte mit einer Auflösung von 1/100 Skalenteil eingeben.

Eine Maske hat zu jedem erfassten Datum ein Minimum- und Maximumwert. Für eine Quellkurve, die nur einen Wert pro Datum aufweist, sind Minimum- und Maximumwert gleich. Die Breite bezeichnet den Abstand der Randpunkte vom Originalpunkt. Umso größer der gewählte Wert ist, desto größer können die Abweichungen der Kurve in der Amplitude sein. Die Toleranzmaske wird auf dem Bildschirm im Hintergrund weiß angezeigt. Die erzeugte und bearbeitete Maske kann sofort für den Test verwendet werden, ist aber nur flüchtig im Arbeitsspeicher des Gerätes abgelegt. Mit der Softmenütaste SPEICHERN kann die Maske dauerhaft auf einem USB Stick oder intern gespeichert werden. Ein Druck auf die MENU OFF Taste führt wieder zum Masken-Menü.

Die Softmenütaste MASKE LADEN öffnet einen Dateibrowser, mit dem zuvor abgespeicherte Masken für den Test geladen werden können (Dateiendung .HMK). Eine geladene Maske kann innerhalb des Menüs NEUE MASKE verändert werden. Änderungen werden nur für die Datei übernommen, wenn die Maske nach dem Bearbeiten gespeichert wird. Das Softmenü AKTIONEN bietet folgende Optionen:

- Ton bei Verletzung
- Stopp bei einstellbarer (1. bis >10000.) Verletzung
- Impuls bei Verletzung (gibt am AUX OUT bei Verletzung der Maske einen Impuls aus)
- Bildschirmausdruck bei Verletzung auf USB Stick
- Bildschirmausdruck bei Verletzung auf angeschlossenen Drucker

Eine Aktion wird ausgeführt, wenn ihre Bedingung (z.B. eine gewisse Anzahl von Maskenverletzungen) erfüllt ist. Jede Aktion hat eine eigene Bedingung, die getrennt von den anderen Aktionen definiert werden kann. Die jeweilige Bedingung kann innerhalb des Menüs der jeweiligen Aktion eingestellt werden. Die gewünschte Aktion wird durch Druck auf die entsprechende Softmenütaste ausgewählt. Mit der MENU OFF Taste wird in das Hauptmenü zurückgekehrt und der Maskentest kann gestartet werden.

Rechts unter dem Anzeigefenster werden die Gesamtanzahl und die Gesamtzeitdauer der Tests in Weiß, die Anzahl der erfolgreichen Tests und deren prozentualer Anteil in Grün, sowie die Anzahl der Fehler und deren prozentualer Anteil in Rot angezeigt. Wurde ein Test gestartet (AN), so wird die bisher nicht anwählbare Softmenütaste PAUSE aktiv. Wird die PAUSE-Taste gedrückt, so wird der Test unterbrochen, die Erfassung von Signalen und die Gesamtzeitdauer laufen jedoch weiter. Wird die PAUSE-Taste erneut gedrückt, so wird der Test fortgesetzt und alle Ereigniszähler werden weiter hochgezählt. Wird ein Test mit der Softmenütaste TEST deaktiviert (AUS), so werden die Ereignis- und Zeitzähler angehalten. Wird ein neuer Test gestartet, so werden alle Zähler zurückgesetzt und beginnen wieder bei Null.

Der PASS/FAIL Modus wird durch Drücken der Softmenütaste PASS/FAIL AUS beendet.

9.5 Komponententester

Das R&S®HMO1002 verfügt über einen eingebauten Komponententester, der im UTIL Menü (VERTICAL Bedienfeld) mit der Softmenütaste COMP. TEST aktiviert werden kann.

Der zweipolige Anschluss des zu prüfenden Bauelementes erfolgt über die AUX OUT Buchse mittels Adapter BNC auf Banane (z.B. HZ20). Es dürfen Signalspannungen an den Front-BNC-Buchsen der Kanäle weiter anliegen, wenn einzelne nicht in Schaltungen befindliche Bauteile (Einzelbauteile) getestet werden. Nur in diesem Fall müs-

sen die Zuleitungen zu den BNC-Buchsen nicht gelöst werden (siehe Kap. 9.5.1). Das Testprinzip beruht auf einem integrierten Sinusgenerator, welcher ein Signal mit max. 10 V Amplitude und einer Frequenz von 50 Hz oder 200 Hz (±10%) bereitstellt. Sie speist eine Reihenschaltung aus Prüfobjekt und eingebautem Widerstand. Ist das Prüfobjekt eine reelle Größe (z.B. ein Widerstand), so sind beide

Abb. 9.4: HZ20 Adapter verbunden mit AUX OUT

Spannungen phasengleich. Auf dem Bildschirm wird ein mehr oder weniger schräger Strich dargestellt. Ist das Prüfobjekt kurzgeschlossen, so wird ein senkrechter Strich auf dem Bildschirm gezeigt. Ohne Prüfobjekt oder bei Unterbrechung zeigt sich eine waagerechte Linie. Die Schrägstellung des Striches ist ein Maß für den Widerstandswert. Damit lassen sich ohmsche Widerstände zwischen Ω und kΩ testen. Kondensatoren und Induktivitäten (Spulen, Drosseln, Trafowicklungen) bewirken eine Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung. Dies ergibt ellipsenförmige Bilder. Lage und Öffnungsweite der Ellipse sind kennzeichnend für den Scheinwiderstandswert bei einer Frequenz von 50 Hz (bzw. 200 Hz). Kondensatoren werden im Bereich µF bis mF angezeigt. Eine Ellipse mit horizontaler Längsachse bedeutet hohe Impedanz (kleine Kapazität

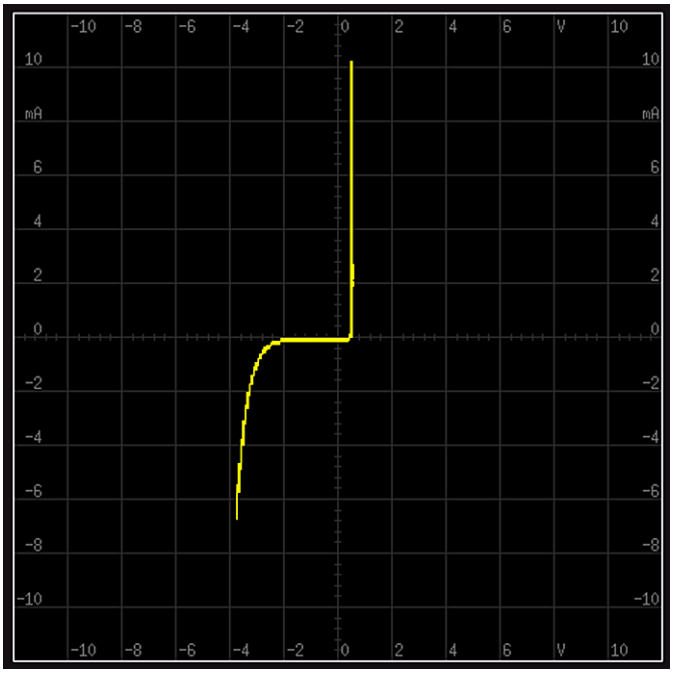


Abb. 9.5: Komponententest-Beispiel.

oder große Induktivität). Eine Ellipse mit vertikaler Längsachse bedeutet niedrige Impedanz (große Kapazität oder kleine Induktivität). Eine Ellipse in Schräglage bedeutet einen relativ großen Verlustwiderstand in Reihe mit dem Blindwiderstand.

Bei Halbleitern sind die spannungsabhängigen Kennlinienknicke beim Übergang vom leitenden in den nichtleitenden Zustand erkennbar. Soweit spannungsmäßig möglich, werden Vorwärts- und Rückwärts-Charakteristik dargestellt (z.B. bei einer Z-Diode unter ca. 9 V). Es handelt sich immer um eine Zweipol-Prüfung. Aus diesem Grund kann z.B. die Verstärkung eines Transistors nicht getestet werden, aber die einzelnen Übergänge B-C, B-E, C-E. Da der Teststrom nur einige mA beträgt, können die einzelnen Zonen fast aller Halbleiter zerstörungsfrei geprüft werden. Eine Bestimmung von Halbleiter-Durchbruch- und Sperrspannung > ca. 9 V ist nicht möglich. Das ist im Allgemeinen kein Nachteil, da im Fehlerfall in der Schaltung grobe Abweichungen auftreten, die eindeutige Hinweise auf das fehlerhafte Bauelement geben. Recht genaue Ergebnisse werden beim Vergleich mit sicher funktionsfähigen Bauelementen des gleichen Typs und Wertes erzielt. Dies gilt insbesondere für Halbleiter. Damit kann z.B. der kathodenseitige Anschluss einer Diode oder Z-Diode mit unkenntlicher Bedruckung, die Unterscheidung eines p-n-p-Transistors vom komplementären n-p-n-Typ oder die richtige Gehäuseanschlussfolge B-C-E eines unbekannten Transistortyps schnell ermittelt werden. Zu beachten ist hierbei, dass die Anschlussumpolung eines Halbleiters eine 0 Drehung des Testbilds um 180° um den Rastermittelpunkt des Bildschirms bewirkt. Wichtiger noch ist die einfache Gut-/Schlecht-Aussage über Bauteile mit Unterbrechung oder Kurzschluss, die im Service-Betrieb erfahrungsgemäß am häufigsten benötigt wird.

Bei einzelnen MOS-Bauelementen sollte in Bezug auf statische Aufladung oder Reibungselektrizität entsprechend sorgsam gearbeitet werden.

9.5.1 Tests direkt in der Schaltung

Direkte Tests in einer Schaltung sind in vielen Fällen möglich, aber nicht so eindeutig. Durch Parallelschaltung reeller und/oder komplexer Größen – besonders wenn diese bei einer Frequenz von 50 Hz/200 Hz relativ niederohmig sind – ergeben sich meistens große Unterschiede gegenüber Einzelbauteilen. Wird oft mit Schaltungen gleicher Art gearbeitet (Service), dann hilft auch hier ein Vergleich mit einer funktionsfähigen Schaltung. Dies geht sogar besonders schnell, weil die Vergleichsschaltung gar nicht unter Strom gesetzt werden muss (und darf!). Mit den Testkabeln sind die identischen Messpunktpaare nacheinander abzutasten und die Schirmbilder zu vergleichen. Unter Umständen enthält die Testschaltung selbst schon die Vergleichsschaltung, z.B. bei Stereo-Kanälen, Gegentaktbetrieb, symmetrischen Brückenschaltungen. In Zweifelsfällen kann ein Bauteilanschluss einseitig abgelötet werden.

9.6 Digitalvoltmeter

Das Digitalvoltmeter erfasst lückenlos Eingangsdaten mit der eingestellten vertikalen Empfindlichkeit und der zugrundelegenden Genauigkeit des ADC. Das Digitalvoltmeter ist von Erfassungseinstellungen und Nachbearbeitungen der Wandlerwerte unabhängig. Die Werteermittlung erfolgt über das Messinterval, um den definierten Frequenzbereich von 20 Hz bis 100 kHz zu garantieren. Alle Messungen erfolgen über dieses Messinterval, so dass auch bei niederfrequenten Signalen der DC Anteil zuverlässig ermittelt werden kann.

Die Analysefunktion DIG. VOLTMETER kann über das UTIL Menü im VERTICAL Bedienfeld aktiviert werden. Das Digitalvoltmeter bietet eine 3-stellige Spannungsanzeige als Siebensegmentanzeige unter Verwendung der Analogkanäle. Vier frei konfigurierbare Messanzeigen sind möglich, wobei zwei Messwertanzeigen für Kanal 1 (CH1) und zwei Messwertanzeigen für Kanal 2 (CH2) verfügbar sind. Pro Kanal sind die Messwertanzeigen in einen primären (Softmenütaste KANAL 1 / KANAL 2)und einen sekundären Messplatz unterteilt (Softmenütaste SECONDARY). Die primäre Messwertanzeige wird groß, die sekundäre Messwertanzeige klein dargestellt. Alle Messwertanzeigenn sind voneinander unabhängig konfigurierbar. Folgende primäre bzw. sekundäre Messwertanzeigen stehen zur Auswahl

- **AUS:** Messwertanzeige deaktiviert
- **DC:** Mittelwert
- **DC RMS:** Effektivwert
- **AC RMS:** Standardabweichung
- **CREST FAKTOR:** Scheitelfaktor ($|X|_{max}/X_{RMS}$)
- **SPITZE SPITZE:** Maximum-Minimum
- **SPITZE +:** Maximum
- **SPITZE -:** Minimum

Mit der Softmenütaste POSITION kann die Anzeigeposition des Digitalvoltmeters auf dem Bildschirm verändert werden. Während dem XY-Modus ist die Anzeigeposition des Digitalvoltmeter fest vorgegeben und nicht veränderbar. Die Softmenütaste VOLTMETER OFF deaktiviert die Digitalvoltmeter-Funktion und schließt das Menü.

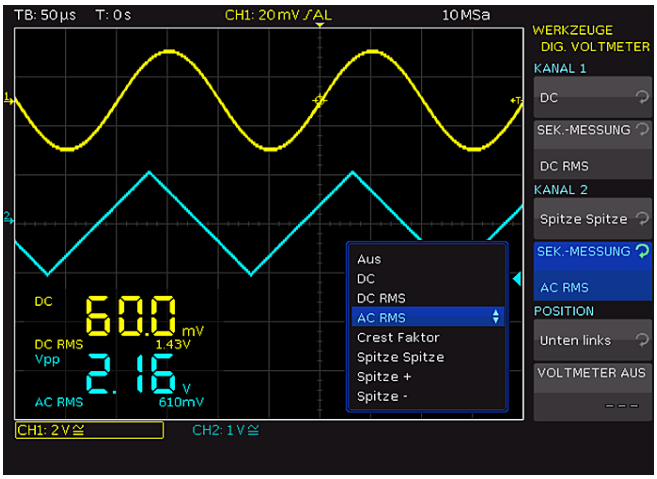


Abb. 9.6: Digital Voltmeter.

10 Signalerzeugung

10.1 Funktionsgenerator

Der R&S®HMO1002 besitzt einen integrierten Funktionsgenerator, welcher z.B. Eingangssignale beim Testen von Schaltkreisen erzeugen kann. Der Funktionsgenerator kann über das UTIL Menü im VERTICAL Bedienfeld mit der Softmenütaste FUNKTIONSGEN. aktiviert werden. Folgende Signalformen können generiert und an der AUX OUT Buchse bereitgestellt werden:

- **DC**
- **SINUSFÖRMIG:** Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 50 kHz
- **RECHTECK:** Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 50 kHz
- **PULS:** Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 10 kHz
- **DREIECK:** Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 10 kHz
- **RAMPE:** Frequenzbereich von 0,1 Hz bis 10 kHz

Mit der Softmenütaste FREQUENZ kann die Signalfrequenz, mit der Softmenütaste AMPLITUDE die Signalamplitude mit dem Universaldrehgeber oder numerisch mit der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld eingestellt werden. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, einen DC Offset zu wählen (Softmenütaste OFFSET). Ein Informationsfeld zeigt die entsprechende Signalform mit den eingestellten Parametern als Vorschau.
Mit der Softmenütaste AUS wird der Funktionsgenerator deaktiviert und das Menü geschlossen.

10.2 Mustergenerator

Der Mustergenerator beinhaltet die Ausgabe von parallelen Mustern auf den vier Pins S0 bis S3 an der Gerätevorderseite. Ihm liegt ein 2048 Bit (Samples) breiter Speicher zugrunde, welcher zyklisch / einzeln ausgegeben werden kann. Alle Unterfunktionen des Mustergenerator berufen sich auf diesen Speicher. Die parallele Ausgaben mehrerer Funktionen ist nicht möglich. Die zu verwendeten Pins werden in einem Informationsfenster gezeigt.

Das Mustergenerator-Menü bietet verschiedene Auswahlmöglichkeiten und wird über das UTIL Menü im VERTICAL Bedienfeld mit der Softmenütaste MUSTERGEN. geöffnet.

Funktion	Einstellmöglichkeiten
Rechteck	Frequenz / Periode, Polarität, Tastverhältnis
Zähler	Frequenz, Zählrichtung
Arbitrary	Timing, Pattern-Eingabe
Manuell	Manuelles Schalten der 4 Einzelleitungen
UART	Polarität, Einstellung der Bitrate
SPI / I²C / CAN / LIN	Einstellung der Bitrate

Tab. 10.1: Einstellmöglichkeiten des Pattern-Generators

10.2.1 Rechteck

Mit dem Softmenü RECHTECK kann ein ein manueller Tastkopf-Abgleich ohne Abgleich-Wizard erfolgen. Die Rechteckfunktion verwendet ein 100 Samples breites Pattern (100 Zustände). Zusätzlich kann die POLARITÄT und das DUTY CYCLE (1% bis 99%) geändert werden.

10.2.2 Zähler

Pin	Frequenz
S0	f/2
S1	f/4
S2	f/8
S3	f/16

Tab. 10.2: Zähler

Es wird ein 4 Bit breites Zählpattern ausgegeben. Der Nutzer kann die Zählrichtung (Softmenütaste RICHTUNG) und die Frequenz (Softmenütaste FREQUENZ) bestimmen. Die Nutzerfrequenz f bezieht sich stets auf den Wechsel des Patternzustandes. Damit ergeben sich für die einzelnen Pins Rechtecksignale, wie in Tab. 10.2 beschrieben.

10.2.3 Arbiträr

Der Benutzer kann ein 4 Bit breites und 2048 Sample tiefes Muster über das Softmenü ARBITRÄR definieren. Die erstellten Muster können gespeichert bzw. geladen werden. Ist die Arbitrary-Funktion aktiv, bleibt das vorhergehende Pattern, welches ggf. automatisch erzeugt wurde, erhalten. Dies bedeutet, dass z.B. ein SPI-Muster betrachtet und nach eigenen Bedürfnissen angepasst werden kann.

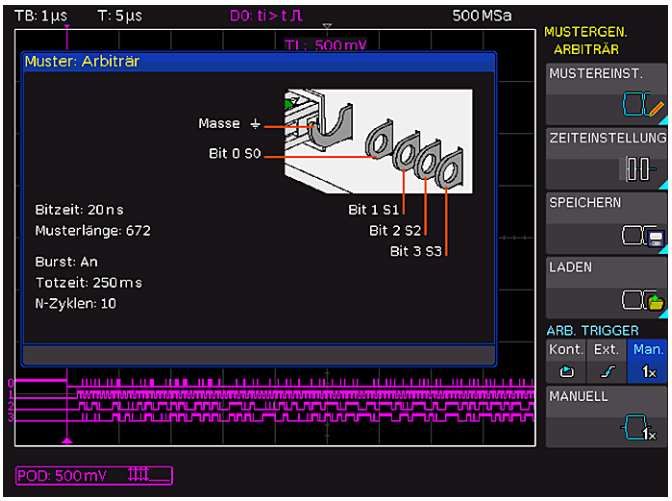


Abb. 10.1: Arbitrary Menü

Folgende Einstellungsmöglichkeiten sind verfügbar:

- **MUSTEREINST.:**
  Mit der Softmenütaste MUSTERLÄNGE kann die Tiefe des Musters bestimmt werden. Mit dem INDEX können mit dem Universaldrehgeber oder der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld die einzelnen Samples ausgewählt werden. Das ausgewählte Sample wird im Informationsfenster als hellblaue Linie gezeigt. Die Sample-Auswahl erfolgt ebenfalls mit dem Universaldrehgeber oder der KEYPAD Taste. Die Darstellung des Pattern-Verlaufs erfolgt im Fenster für alle 4 Bits. Es werden um den Index herum ±8 Bits angezeigt. Mit der Softmenütaste WERT kann der Wert des gewählten Samples geändert werden. Mittels Softmenütaste ZEICHNEN können große Mengen von Samples mit dem gleichen Wert „gezeichnet“ werden. Hierbei bleibt die WERT-Einstellung erhalten und wird auf alle angewählten Indize angewandt. Wird das Pattern gelöscht (Softmenütaste ALLES LÖSCHEN), so wird dessen Länge auf 1 zurückgesetzt. Alle Leitungen werden auf ‚0‘ gesetzt.
- **ZEITEINSTELLUNG:**
  Mit der Softmenütaste BITZEIT wird die Zeit eingestellt, die jedes Sample angelegt sein soll. Die Zeit ist für alle

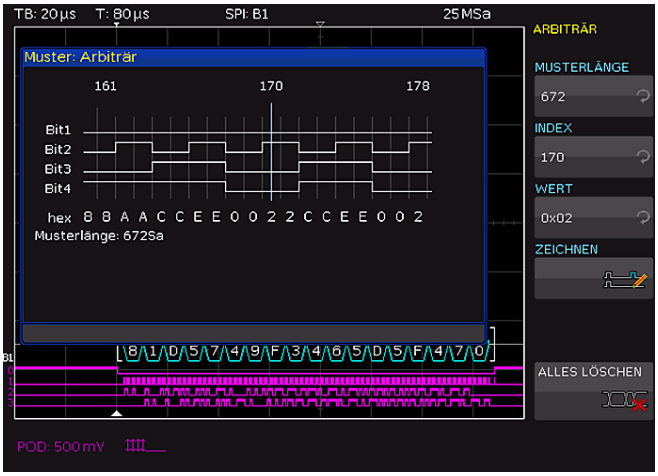


Abb. 10.2: Arbitrary Mustereinstellungen

Samples gleich. Die einstellbare PERIODE bezieht sich auf das gesamte Pattern und errechnet sich aus dessen Länge multipliziert mit der Bitzeit (Zeit eines Samples). Ist die BURST-Funktion aktiv (AN), so wird nach jeder Pattern-Ausgabe die TOTZEIT abgewartet. Erst danach wird das Muster erneut ausgegeben. Die Angabe von N-ZYKLEN erlaubt es dem Benutzer das Pattern genau <n> mal auszugeben. Die Zeit eines Samples kann von 20 ns bis 42 s mit einer Schrittweite von 10 ns angegeben werden. Die Implementierung erfolgt in Form eines 32 Bit-Zählers. Die TOTZEIT zwischen den Pattern kann von 10 ns bis 42 s mit einer Schrittweite von 10 ns angegeben werden. Sie ist ebenfalls als 32 Bit-Zähler implementiert. Die Werteeingabe erfolgt mit dem Universaldrehgeber oder der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld.

- **SPEICHERN/LADEN:**
  Das manuell erstellte Pattern kann mit dem Softmenü SPEICHERN bzw. LADEN gespeichert bzw. geladen werden. Das Pattern kann entweder intern oder auf einem extern angeschlossenen USB Stick gespeichert werden. Das Pattern-Muster und die Zeiteinstellungen werden gespeichert.
- **ARB. TRIGGER:**
  Die Softmenütaste ARB. TRIGGER stellt drei mögliche Triggerfunktionen zur Verfügung. Die Einstellung KONT. (kontinuierlicher Trigger) gibt das Pattern kontinuierlich aus. Ist die BURST-Funktion aktiv, so wirkt nur die TOTZEIT zwischen den Pattern. Die Einstellung N-ZYKLEN wird durch die kontinuierliche Ausgabe ausgehebelt. Bei der Einstellung EXT. (externer Trigger) erfolgt die Pattern-Ausgabe durch eine Flanke am externen Eingang des Oszilloskops (TRIG. EXT.). Ist die BURST-Funktion aktiv, so wird das Pattern <n> mal ausgegeben (siehe N-ZYKLEN). Zusätzlich kann die Richtung der auslösenden Flanke bestimmt werden. Ist die Flankenrichtung BEIDE gewählt, so sind beide Flanken gleichwertig. Die erste Flanke löst das Pattern aus. Es erfolgt keine Alternierung der Flanken. Bei der Einstellung MAN. erfolgt die Pattern-Ausgabe durch manuellen Tastendruck. Ist die BURST-Funktion aktiv, so wirken TOTZEIT und N-ZYKLEN.

10.2.4 Manuell

Im manuellen Pattern-Modus werden die Betriebszustände der einzelnen Pins S0 bis S3 separat geschaltet. Jedes Pin wird einer Softmenütaste zugeordnet und somit der Zustand HIGH (H) oder LOW (L) ausgewählt.

10.2.5 BUS Signalquelle

Über die Pattern Generator-Anschlüsse an der Gerätevorderseite können je nach Einstellung folgende BUS Signale (bei Messungen ohne Messobjekt) generiert werden:

- SPI: Datenrate 100 kBit/s, 250 kBit/s oder 1 MBit/s
- I²C: Datenrate 100 kBit/s, 400 kBit/s, 1 MBit/s oder 3,4 MBit/s
- UART: Datenrate 9600 Bit/s, 115,2 kBit/s und 1 MBit/s
- CAN: bis zu 50 MBit/s
- LIN: bis zu 50 MBit/s

Dabei ist der Anschluss links immer Masse und die Signalpegel betragen etwa 1 V. Die folgende Tabelle zeigt die Belegung der vier Ausgänge S1, S2, S3 und ⎍ je nach Signal.

Signal	S1	S2	S3	S0/⎍
SPI	Clock	MOSI	MISO	Chip Select
I²C	Data SDA	unbenutzt	unbenutzt	Clock SCL
UART	RX	unbenutzt	unbenutzt	TX
CAN	CAN L	unbenutzt	unbenutzt	CAN H
LIN	Low	unbenutzt	unbenutzt	High

Tab. 10.3: Pin-Belegung der BUS Signalquelle

Zu jeder Betriebsart wird ein Informationsfenster mit der entsprechenden Anschlussbelegung eingeblendet. Durch Druck auf die jeweilige Softmenütaste wird ein Untermenü mit der Bitrateneinstellung der gewählten Betriebsart geöffnet.

11 Dokumentation, Speichern und Laden

Das Oszilloskop ermöglicht, alle Bildschirmdarstellungen, die Benutzereinstellungen (wie zum Beispiel die Triggerbedingung und Zeitbasiseinstellung), Referenzen und Kurven abzuspeichern. Es steht intern im Gerät ein Speicher für Referenzkurven und Geräteeinstellungen zur Verfügung. Bildschirmfotos sowie Kurvendaten lassen sich zusätzlich auf einem angeschlossenen USB Stick ablegen.

Der USB Stick sollte nicht größer als 4GB und FAT (FAT32) formatiert sein. Eine große Anzahl von Dateien auf dem USB Stick sollte vermieden werden.

Das Hauptmenü für das Speichern und Laden von Funktionen wird durch Druck auf die Taste SAVE/RECALL im GENERAL Bedienfeld aufgerufen.

11.1 Geräteeinstellungen

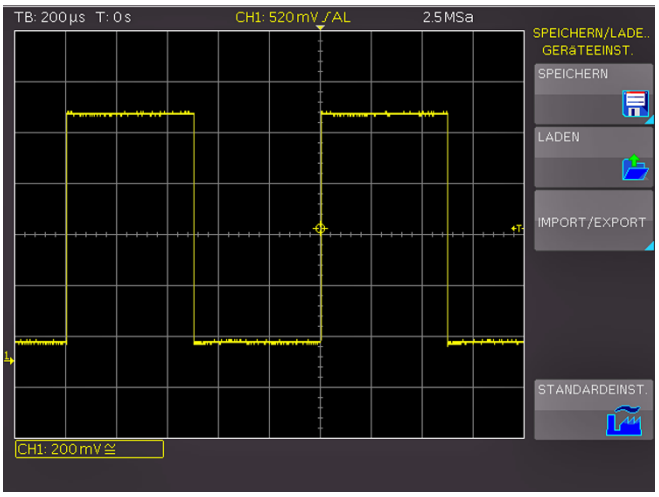


Abb. 11.1: Basismenü für Geräteeinstellungen

Im Softmenü GERÄTEEINST. können die aktuellen Geräteeinstellungen gespeichert, bereits gespeicherte Einstellungen geladen oder Geräteeinstellungen im- oder exportiert werden.

Geräteeinstellungen einer alten Firmwareversion können mit einer neuen Firmwareversion nicht geladen werden

Das Softmenü SPEICHERN öffnet das Speichermenü, in dem mittels Softmenütaste SPEICHERORT ein möglicher Speicherort (interner Speicher oder vorderer USB-Anschluss) ausgewählt werden, auf dem die Geräteeinstellungen gespeichert werden sollen. Ein Dateimanager öffnet sich. Der DATEINAME kann an die jeweilige Einstellung angepasst bzw. verändert werden (SET ist die Standardbezeichnung). Über die Softmenütaste KOMMENTAR kann ein Kommentar eingegeben werden,

der in der Fußzeile des Dateimanagers erscheint, wenn eine Datei ausgewählt wurde. Mit SPEICHERN werden die Einstellungen gespeichert.

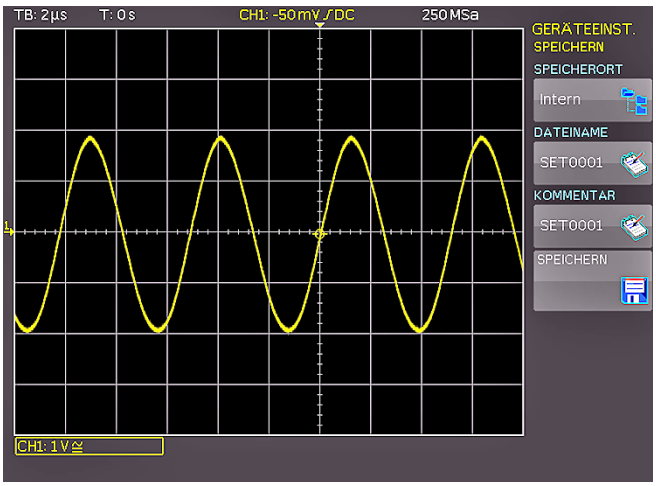


Abb. 11.2: Geräteeinstellungen speichern

Um abgespeicherte Geräteeinstellungen wieder zu laden, wird das Softmenü LADEN durch Druck der entsprechenden Softmenütaste geöffnet. Es öffnet sich der Dateimanager, in welchem mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld die gewünschte Datei ausgewählt werden kann. Ist der Speicherort und die entsprechende Einstellungsdatei ausgewählt, so kann diese mit der Softmenütaste LADEN geladen werden. Zum Entfernen von nicht mehr benötigten Dateien wird die entsprechende Einstellungsdatei mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt und mit der Softmenütaste DATEI LÖSCHEN entfernt. Bei einem angeschlossen USB Stick können zusätzlich Verzeichnisse gewechselt und gelöscht werden. Mittels der Softmenütaste SORTIERUNG können mehrere Einstellungsdateien nach Name, Typ, Größe oder Datum sortiert werden.

Um Geräteeinstellungen zu im- oder exportieren, muss ein USB Stick angeschlossen sein, ansonsten ist das Menü nicht auswählbar.

Das Softmenü IMPORT/EXPORT dient zum Kopieren einer Datei von einem internen in ein externes Speichermedium (USB Stick) oder umgekehrt. Mit den Softmenütasten QUELLDATEI und ZIELPFAD werden Quelle und Ziel für den Kopiervorgang ausgewählt. Hier wird jeweils ein Dateimanager geöffnet, in dem mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld der Speicherort festgelegt wird. Ein ZIELNAME kann ebenfalls vergeben werden. Durch Druck auf die Softmenütaste IMPORT/EXPORT wird gemäß der Voreinstellung die gewählte Einstellungsdatei kopiert.

Zusätzlich bietet die Softmenütaste STANDARDEINST. die Möglichkeit, die werksseitig vorgegebenen Standardeinstellungen zu laden.

11.2 Referenzen

Referenzen sind Datensätze, die aus den Einstellungsinformationen und den AD-Wandlerdaten bestehen. Diese können sowohl intern als auch extern abgespeichert und zurückgeladen werden. Das Zurückladen erfolgt in einen der maximal 4 Referenzspeicher (RE1 bis RE4), die auch angezeigt werden können. Das Hauptmerkmal von Referenzen ist, dass beim Speichern und Rückladen alle Informationen (wie vertikale Verstärkung, Zeitbasiseinstellungen etc. und die AD-Wandlerdaten) mit übertragen werden und damit das Ursprungssignal mit seinen Werten verglichen werden kann.

Im Softmenü REFERENZEN können Referenzkurven nur im- oder exportiert werden (Softmenü IMPORT/EXPORT). Damit ist das Übertragen von Referenzkurven auf andere HMO Geräte möglich. Dieses Menü dient zum Kopieren einer Datei von einem internen in ein externes Speichermedium (USB Stick) oder umgekehrt. Mit den Softmenütasten QUELLDATEI und ZIELPFAD werden Quelle und Ziel für den Kopiervorgang ausgewählt. Hier wird jeweils ein Dateimanager geöffnet, in dem mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld der Speicherort festgelegt wird. Ein ZIELNAME kann ebenfalls vergeben werden. Als ZIELFORMAT kann das Dateiformat BIN (MSB/LSB), FLT (MSB/LSB), CSV, TXT oder HRT mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld gewählt werden. Durch Druck auf die Softmenütaste IMPORT/EXPORT wird gemäß der Voreinstellung die gewählte Einstellungsdatei kopiert.

Für das Speichern und Laden von Referenzen ist ein eigenes Referenzmenü verfügbar, welches über die Taste REF im VERTICAL Bedienfeld geöffnet wird. Mittels der Softmenütaste RE1 bis RE4 können die bis zu vier möglichen Referenzkurven eingeschaltet werden. Mit der Softmenütaste QUELLE kann mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld die Quelle für die zu speichernde Referenz ausgewählt werden. Auswählbar sind aktivierte Kanäle und Mathematikkurven. Die Softmenütaste ANZEIGEN stellt die gewählte Referenzkurve in Weiß dar bzw. aktualisiert die bestehende Referenzkurve.

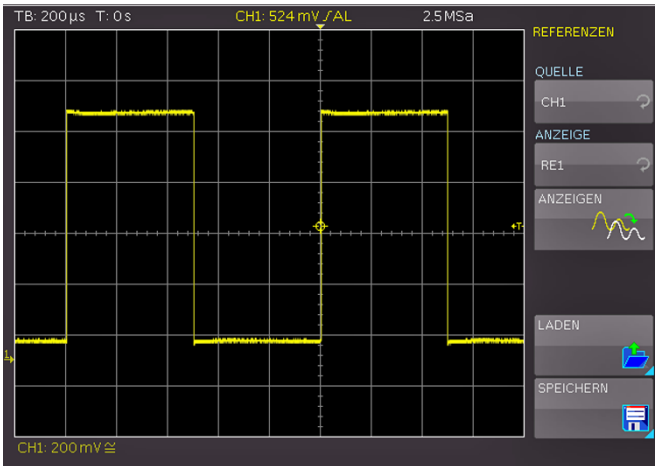


Abb. 11.3: Referenzen laden und speichern

Um eine Referenz von einem USB Stick oder aus dem internen Speicher zu laden, wird das Softmenü LADEN geöffnet. Das Softmenü LADEN zeigt nun ein Fenster mit den intern abgespeicherten Referenzen. Mit der Softmenütaste LADEN kann die gewünschte Datei im Dateimanager ausgewählt werden. Endgültig geladen und angezeigt wird die Referenz nach dem erneuten Druck auf die Softmenütaste LADEN im Dateimanagermenü. Werden Referenzkurven gespeichert, so werden gleichzeitig auch die Geräteeinstellungen gespeichert. Mit der Softmenütaste EINST. LADEN werden somit die Geräteeinstellungen der ausgewählten Referenzkurve geladen. Um eine Referenzkurve abzuspeichern, wird das Softmenü SPEICHERN geöffnet, die gewählte Quelle und der gewählte Speicherort sowie der vergebene Dateiname kontrolliert und die Kurve durch Drücken der Softmenütaste SPEICHERN gespeichert. Der DATEINAME kann an die jeweilige Einstellung angepasst bzw. verändert werden (REF ist die Standardbezeichnung). Über die Softmenütaste KOMMENTAR kann ein Kommentar eingegeben werden, der in der Fußzeile des Dateimanagers erscheint, wenn eine Datei ausgewählt wurde.

11.3 Kurven

Neben Referenzkurven können auch nur die AD-Wandlerdaten abgespeichert werden. Kurven können nur auf einem extern angeschlossenen USB Stick (nicht intern) abgespeichert werden. Je nach eingestellter Zeitbasis und Abtastrate im ACQUIRE Menü (AUTOMATIK, MAX. ABTASTRATE oder MAX. WIEDERHOLRATE) variiert die Anzahl der maximalen auslesbaren Messwertpunkte.

Der gesamte Erfassungsspeicher kann nur ausgelesen werden, wenn im ACQUIRE Menü die maximale Abtastrate gewählt wurde und sich das Gerät im STOP Modus befindet. .

Als Speicherort ist bereits der USB Stick Anschluss auf der Gerätevorderseite ausgewählt. Ist das Softmenü SPEICHERORT ausgegraut, so ist kein USB Stick angeschlossen oder der USB Stick wurde nicht erkannt. Wird ein USB Stick erkannt, so können Verzeichnisse gewechselt, erstellt oder Dateien gelöscht werden. Mittels der Softmenütaste SORTIERUNG können mehrere Einstellungsdateien nach Name, Typ, Größe oder Datum sortiert werden. Die Wahl des Zielverzeichnisses wird mit VERZ. ANNEHMEN bestätigt und kehrt automatisch wieder in das Kurven-Hauptmenü zurück.

Das Speichern von allen sichtbaren Kanälen ist auf das Format CSV beschränkt. Ein anderes Format kann nicht ausgewählt werden.

Mittels Softmenütaste KURVE und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld erfolgt die Auswahl des Kanals, der als Kurve abgespeichert werden soll. Es können nur die Kanäle ausgewählt werden, die auch mit den Kanaltasten aktiviert wurden. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit alle sichtbaren Kanäle gleichzeitig abzuspeichern. Die Softmenütaste DATEINAME öffnet das Nameneingabemenü, in dem mit dem Universaldrehgeber oder der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld ein Name eingegeben und mit ANNEHMEN bestätigt werden kann (TRC ist die Standardbezeichnung). Automatisch erscheint wieder das Kurven-Hauptmenü. Mittels Softmenütaste FORMAT und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ermöglicht die Auswahl des Dateiformates. Folgende Formate können ausgewählt werden:

- **BIN (MSB/LSB):** In einer Binärdatei kann jeder beliebige Bytewert vorkommen. Die aufgenommenen Kurvendaten werden ohne Zeitbezug abgespeichert.
- **FLT (MSB/LSB):** Eine FLT-Datei enthält die erfassten Daten als Spannungswerte. Im Gegensatz zu einer FLT-Datei ist die erfasste Datenmenge bei einer CSV-Datei rund 16fach größer. Die Spannungswerte werden im Format Float abgespeichert (4 Byte Float, binär, Big Endian). Diese Datei kann z.B. in selbst geschriebenen Programmen weiterverwendet werden.
- **CSV** (Comma Separated Values)**:** In CSV Dateien werden die Kurvendaten in Tabellenform abgespeichert. Die unterschiedlichen Tabellenzeilen sind durch ein Komma voneinander getrennt.

Ist im ACQUIRE Menü die maximale Abtastrate ausgewählt, so werden beim CSV Export zwei Zeilen mit einem Zeitstempel ausgegeben, da diesem Zeitwert ein Mininmal- und ein Maximalwert zugeordnet werden muss. Um einen Amplitudenwert pro Zeitstempel zu erhalten, wird im ACQUIRE Menü „Automatik" gewählt.

Beispiel: Kurve mit allen sichtbaren Kanälen

```
[s],CH1[V],CH2[V]
-4.99500E-07,-2.601E-03
-4.99000E-07,-6.012E-04
-4.98500E-07,-6.012E-04
-4.98000E-07,1.399E-03
```

- **TXT:** TXT-Dateien sind ASCII-Dateien, die nur Amplitudenwerte (keine Zeitwerte) enthalten. Die Amplitudenwerte werden durch ein Komma getrennt. Die Wertepaare sind als Einzelwerte ohne Identifikation aufgelistet.
  Beispiel:
  1.000E-02,1.000E-02,1.000E-02,1.000E-02,3.000E-02

Mit der Softmenütaste PUNKTE und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt werden, ob der Bildschirm- oder der gesamte Erfassungsspeicher ausgelesen werden soll. Sind alle Eingaben getätigt, wird nach dem Drücken der Softmenütaste SPEICHERN die gewählte(n) Kurve(n) entsprechend den Einstellungen abgespeichert.

11.4 Bildschirmfoto

Die wichtigste Form des Abspeicherns im Sinne der Dokumentation ist das Bildschirmfoto. Ein Bildschirmfoto ist eine Bilddatei, in der die, zum Zeitpunkt des Abspeicherns, aktuellen Bildschirminhalte zu sehen sind.

Als SPEICHERORT ist bereits der USB Stick Anschluss auf der Gerätevorderseite ausgewählt. Ist das Softmenü SPEICHERORT ausgegraut, so ist kein USB Stick angeschlossen oder der USB Stick wurde nicht erkannt. Wird ein USB Stick erkannt, so können Verzeichnisse gewechselt, erstellt

oder Dateien gelöscht werden. Mittels der Softmenütaste SORTIERUNG können mehrere Einstellungsdateien nach Name, Typ, Größe oder Datum sortiert werden. Die Wahl des Zielverzeichnisses wird mit VERZ. ANNEHMEN bestätigt und kehrt automatisch wieder in das Bildschirmfoto-Hauptmenü zurück. Die Softmenütaste DATEINAME öffnet das Nameneingabemenü, in dem mit dem Universaldrehgeber oder der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld ein Name eingegeben und mit ANNEHMEN bestätigt werden kann (SCR ist die Standardbezeichnung). Automatisch erscheint wieder das Bildschirmfoto-Hauptmenü.Das Dateiformat einer Grafikdatei (Softmenütaste FORMAT) bestimmt die Farbtiefe und die Art der Komprimierung. Die Qualität der Formate unterscheidet sich bei den Grafiken des Oszilloskops nicht. Folgende Dateiformate stehen zur Auswahl:

- **BMP** = Windows Bitmap Format
- **GIF** = Graphics Interchange Format
- **PNG** = Portable Network Graphic

Mit der Softmenütaste FARBMODUS und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld kann zwischen folgenden Farbmodi gewählt werden:

- **GRAUSTUFEN:** Bei Graustufen werden die Farben beim Abspeichern in Graustufen gewandelt.
- **FARBE:** Bei Farbe erfolgt das Abspeichern in Farbe (wie auf dem Bildschirm zu sehen).
- **Invert (HG):** Bei Invertiert (HG) wird die Signalform in Farbe mit invertiertem Hintergrund abgespeichert.
- **INVERT (BG, GRAY):** Bei INVERTIERT (BG, GRAY) wird die Signalform in grauer Farbe mit invertiertem Hintergrund abgespeichert.
- **INVERT (ALLES):** Bei Invertiert (Alles) werden Signalform und Hintergrund invertiert abgespeichert.
- **INVERT (ALL, GRAY):** Bei Invert (all, gray) werden Signalform und Hintergrund in Grautönen abgespeichert.

Um beim Farbmodus INVERTIERT Ausdrucke mit guten Kontrasten zu erhalten, sollte die Kurvenintensität (INTENS/PERSIST) auf etwa 70% eingestellt werden.

Der Druck auf die Softmenütaste SPEICHERN löst eine sofortige Speicherung des aktuellen Bildschirms an den eingestellten Speicherort, mit dem eingestellten Namen und dem eingestellten Format aus. Die Softmenütaste DRUCKEN bietet die Möglichkeit, einen Bildschirmausdruck sofort auf einem angeschlossenen Drucker auszugeben (z.B. PCL oder PCLX als „Druckersprache“). Wird ein Drucker erkannt, so ist die Softmenütaste DRUCKEN nicht mehr ausgegraut.

Durch Drücken der RUN/STOP-Taste sollte vor dem Drucken die Erfassung gestoppt werden, damit ein korrekter Ausdruck erfolgt.

Die kostenlose Software HMScreenshot (Softwaremodul der HMExplorer Software) ermöglicht es, über eine Schnittstelle Bildschirmausdrucke im Bitmap, GIF oder PNG Format vom R&S®HMO1002 auf einen angeschlossenen PC zu transferieren und dort abzuspeichern bzw. auszudrucken. Weitere Hinweise zur Software finden Sie in der internen HMExplorer-Hilfe auf www.hameg.com.

11.5 Definition der FILE/PRINT-Taste

Die FILE/PRINT-Taste im GENERAL Bedienfeld ermöglicht es, mit einem Tastendruck Geräteeinstellungen, Kurven, Bildschirmfotos, sowie Bildschirmfotos und Einstellungen gemeinsam abzuspeichern. Dazu müssen zunächst, wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, die entsprechenden Einstellungen zu Speicherort, Name etc. eingegeben werden. Zur Auswahl stehen folgende Aktionen:

- **GERÄTEEINST:** speichert Einstellungen ab
- **KURVEN:** speichert Kurven ab
- **BILDSCHIRMFOTO:** speichert Bildschirmfotos ab
- **BILD & EINST.:** speichert Bildschirmfoto und Einstellungen ab
- **DRUCKEN:** druckt direkt auf eine kompatiblen Drucker (Postscript, einige PCL und PCLX fähige Drucker)

Nach Aktivierung der gewünschten Aktion durch Druck der entsprechenden Softmenütaste wird dieses Menü blau unterlegt. Mit der MENU OFF-Taste wird das Auswahlmenü verlassen. Wird die FILE/PRINT-Taste nun gedrückt, wird die gewählte Funktion ausgeführt.

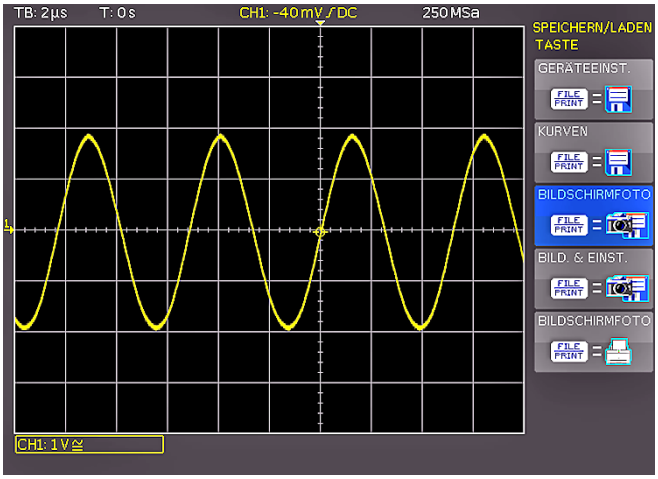


Abb. 11.4: Definition der FILE/PRINT-Taste

12 Mixed-Signal-Betrieb

Der R&S®HMO1002 ist standardmäßig mit den Anschlüssen für einen Logiktastkopf HO3508 ausgerüstet, um 8 digitale Logikeingänge hinzuzufügen. Sämtliche Software zur Unterstützung des Mixed-Signal-Betriebes ist bereits in der Firmware des HMO enthalten, lediglich der aktive Logiktastkopf HO3508 (8 Kanäle) muss erworben und angeschlossen werden. Bei Aktivierung des POD wird der analoge Kanal 2 automatisch deaktiviert. Es können somit nur 1 analoger Kanal plus 8 Logikeingänge gleichzeitig auf dem Bildschirm angezeigt werden.

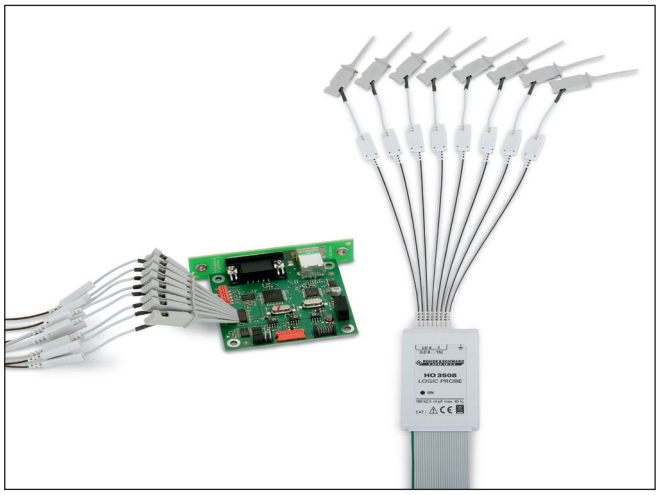


Abb. 12.1: Optionaler Logiktastkopf HO3508

12.1 Logiktrigger für digitale Eingänge

Die Einstellungsmöglichkeiten des Logiktriggers ist in Kap. 6.3.3 beschrieben.

12.2 Anzeigefunktionen für die Logikkanäle

Durch Druck auf die POD Taste im VERTICAL Bedienfeld werden die digitalen Kanäle 0 bis 7 aktiviert und auf dem Bildschirm angezeigt. Eine logische Eins wird bei den Logikkanälen mit einem zwei Pixel breiten Strich angezeigt, eine logische Null mit einer Pixelbreite. Der eingestellte Schwellwert wird neben dem POD Namen im Informationsfeld links unten am Bildschirmrand angezeigt. Neben der Anzeige des Schwellwerts befindet sich eine kleine schematische Darstellung, welche die logischen Zustände (1/0) skizziert. Spannungswerte oberhalb des Schwellwerts werden als HIGH (1), Werte unterhalb des Schwellwerts als LOW (0) interpretiert.

Bei aktiviertem POD kann der Schwellwert zur Unterscheidung der logischen Zustände (High/Low) im VERTICAL Menü eingestellt werden.

Die Y-Position und Größe der Logikkanaldarstellung lässt sich nun, wie von den analogen Kanälen gewohnt, mit den Y-POSITION und VOLTS/DIV Drehgebern im VERTICAL Bedienfeld einstellen. Wenn weniger als 8 Logikkanäle angezeigt oder die Position und Größe einzelner Logikkanäle geändert werden sollen, so können diese Einstellungen über das Kurzmenü in Verbindung mit den Softmenütasten (Kanal 0 bis 7) und den Y-POSITION bzw. VOLTS/DIV Drehgebern im VERTICAL Bedienfeld vorgenommen werden. Die Kanalauswahl kann mit den ▲ und ▼ Softmenütasten vorgenommen werden. Somit lassen sich alle einzelnen Kanäle individuell vergrößern und positionieren.

Auf Seite 2|2 des POD-Menüs kann die vertikale Position und Größe der einzelnen Logikkanäle zurückgesetzt werden (Softmenütaste POS. & GRÖßE ZURÜCKSETZEN). Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, mit dem Softmenü NAME die einzelnen Bits des Logikkanals zu beschriften. Dieser wird dann im Messgitter angezeigt und auch ausgedruckt. Der Name der einzelnen Bits D0 bis D7 kann mit der Softmenütaste NAME an- (AN) bzw. ausgeschaltet werden (AUS). Ist der Name aktiviert, so erscheint dieser rechts neben den einzelnen Logikkanälen. Mit der Softmenütaste BIBLIOTHEK können vordefinierte Namen ausgewählt werden und mittels NAME EDITIEREN angepasst werden. Maximal sind 8 Zeichen erlaubt. Mit der Taste ANNEHMEN wird der Name im Editor bestätigt und somit auf dem Bildschirm angezeigt. Der Name ist an das Signal gebunden und wandert mit einem evtl. eingestellten Offset entsprechend mit.

12.3 Anzeigen der Logikkanäle als BUS

Weiterhin gibt es die Möglichkeit, digitale Kanäle zu einem BUS zu gruppieren, die dann als Waben auf dem Bildschirm dargestellt werden. Grundsätzlich sind zwei unabhängige Busse möglich. So lassen sich z.B. ein 8 Bit Adress- und 8 Bit Datenbus jeweils zusammenfassen. Die BUS-Einstellungen werden über das BUS Menü im VERTICAL Bedienfeld vorgenommen. Nach dem Aktivieren der BUS Funktion wird die MENU Taste im VERTCAL Bedienfeld betätigt und der jeweilige BUS (Softmenütaste B1 oder B2) ausgewählt.

Mit der Softmenütaste BUS TYP kann der BUS Typ für die Darstellung und Analyse festgelegt werden. Der BUS Typ kennzeichnet den Aufbau des Busses und unterscheidet sich durch die Gleiderung in Seriell/Parallel oder durch die Anzahl der Daten und Taktleitungen. Mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld kann der jeweilige BUS Typ PARALLEL oder PARALLEL CLOCKED ausgewählt werden. Mit dem Softmenü KONFIGURATION können die Quellen und der Aufbau des Busses festgelegt werden. Der Inhalt des Menüs ist auf den ausgewählten BUS Typ abgestimmt. Mittels Softmenütaste BUSBREITE und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld kann die Anzahl der Bits (1 Bit bis 8 Bit) eingestellt werden. Das Informationsfenster mit der Bit-Zuordnungstabelle wird dynamisch an die Bit-Auswahl angepasst. Jedes Bit des dargestellten Busses hat eine Quelle. Diese Quelle bezieht sich auf die einzelnen Bits des POD. Anhand des Messaufbaus können die Quellen mit der Softmenü-

taste QUELLE und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld zugeordnet werden.

Mit den Softmenütasten NACHST./VORH. BIT kann die Position des Auswahlbalkens für die Quelle der einzelnen Bits verschoben werden. Das momentan ausgewählte Bit ist mit einem blauen Balken hinterlegt. Das Informationsfenster zeigt die Reihenfolge der Bits, oben beginnend mit Bit 0 (= LSB). Mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld kann dem gewählten BUS Bit ein Logikkanal zugeordnet werden. Wird als BUS TYP PARALLEL CLOCKED gewählt, kann zusätzlich mit der Softmenütaste STEUERLEIT. die Quellen für CHIP SELECT und CLOCK mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt werden. Die Softmenütaste AKTIV legt fest, ob das Chip-Select-Signal High- oder Low-Aktiv ist. Die Softmenütaste FLANKE schaltet zwischen steigender, fallender und beider Flanken des Taktsignals. Die Auswahl wird im Informationsfenster angezeigt. Die Softmenütaste MENU OFF schließt das Konfigurationsmenü und führt in das BUS-Hauptmenü zurück.

Mit dem Softmenü ANZEIGE können Einstellungen für die BUS- Darstellungsform gewählt werden. Mit der Softmenütaste ANZEIGE wird mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld das Format zur Dekodierung der Buswerte gewählt. Zur Auswahl stehen folgende Formate:

- Binär
- Hexadezimal
- Dezimal
- ASCII

Die dekodierten Werte werden im jeweiligen Format in den BUS-Waben angezeigt. Mit der Softmenütaste BITS kann die Anzeige der einzelnen Bits ein- (AN) bzw. ausgeschaltet werden (AUS).

Die Position oder Größe eines Busses kann nun mit dem POSITION Drehgeber (Position der BUS-Anzeige auf dem Bildschirm) bzw. mit dem VOLT/DIV Drehgeber (Größe der Wabenanzeige) im VERTICAL Bedienfeld eingestellt werden. Dies kann insbesondere bei der binären Darstellung hilfreich sein, da auch bei kurzen Zustandswaben der komplette Wert über bis zu vier Zeilen angezeigt werden kann.

12.4 Cursor-Messfunktionen für Logikkanäle

Sind die Logikkanäle aktiviert, so lassen sich mit den Cursor-Messfunktionen einige Parameter bestimmen. Für die gesamte Anzahl der eingeschalteten POD Logikkanäle lassen sich folgende Messarten bestimmen:

- **ZEIT:** Es wird die zeitliche Position beider Cursors zum Triggerzeitpunkt, die zeitliche Differenz beider Positionen, sowie die daraus resultierende Frequenz angezeigt.
- **VERHÄLTNIS X:** In dieser Messart wird mit drei Cursors ein zeitliches Verhältnis zwischen den ersten Beiden und dem Ersten und Dritten Cursor angezeigt. Die Anzeige erfolgt als Gleitkommawert, in Prozent, in Grad und in Bogenmaß.
- **V-MARKER:** Bei dieser Messart wird der logische Wert des ausgewählten POD's in Hexadezimal- und in Dezimalwerten am jeweiligen Cursor gemessen und dargestellt.

12.5. Auto-Messfunktionen für Logikkanäle

Sind die Logikkanäle aktiviert, so lassen sich mit den Cursor-Messfunktionen einige Parameter bestimmen. Für die gesamte Anzahl der eingeschalteten POD Logikkanäle lassen sich folgende Messarten bestimmen:

- FREQUENZ
- PERIODE
- PULSBREITE +/-
- TASTVERHÄLTNIS +/-
- VERZÖGERUNG
- PHASE
- BURSTBREITE
- ZÄHLEN PULS +/-
- ZÄHLEN (Flanke pos./neg.)

13 Serielle Busanalyse

13.1 Software-Optionen (Lizenzschlüssel)

Der R&S®HMO1002 kann mit Optionen / Vouchern zum Triggern und Dekodieren von seriellen Bussen aufgerüstet werden:

- **HOO10/HV110:** Die Option HOO10 bzw. der Voucher HV110 erlaubt die Triggerung und Dekodierung von I²C, SPI und UART/RS-232 Bussen auf den digitalen Kanälen (Option Logiktastkopf HO3508 notwendig) und den analogen Eingängen. Mit dieser Option können zwei serielle Busse zeitsynchron dekodiert werden.
- **HOO11/HV111:** Die Option HOO11 bzw. der Voucher HV111 erlaubt das Triggern und Dekodieren von I²C, SPI und UART/RS-232 Bussen auf den analogen Eingängen. Mit dieser Option ist nur ein serieller BUS dekodierbar.
- **HOO12/HV112:** Die Option HOO12 bzw. der Voucher HV112 erlaubt das Triggern und Dekodieren von CAN und LIN Bussen auf den digitalen Kanälen (Option Logiktastkopf HO3508 notwendig) und den analogen Eingängen. Mit dieser Option können zwei serielle Busse zeitsynchron dekodiert werden.

Die Optionen HOO10, HOO11 und HOO12 können ab Werk mit einem R&S®HMO1002 erworben werden. Die Upgrade Voucher HV110, HV111 und HV112 dagegen ermöglichen ein nachträgliches Upgrade über einen Lizenzschlüssel (siehe Kap. 2.10).

Die Analyse von parallelen und seriellen Daten besteht aus drei wesentlichen Schritten:

- Protokoll-Konfiguration: (BUS Typ / protokollspezifische Einstellungen)
- Dekodierung: (Anzeige der dekodierten Daten / Zoom / BUS-Tabelle)
- Trigger (Start / Stopp / serielle Muster)

Die serielle Busanalyse erfolgt mit 1/8 der Abtastrate.

13.2 Konfiguration serieller Busse

Vor der BUS Konfiguration ist die Einstellung des Schwellwertes notwendig (siehe Kap. 4.5). Die Standardeinstellung liegt bei 500 mV.

Für die Einstellungen der seriellen Trigger- und Dekodierfunktionen wird ein BUS definiert. Bis zu zwei Busse B1 und B2 können je nach Option definiert werden. Das BUS Konfigurationsmenü wird über die Taste BUS im VERTICAL Bedienfeld geöffnet. In dem sich öffnenden Kurzmenü wird entweder mit der jeweiligen Softmenütaste B1 oder B2 der BUS direkt gewählt oder die MENU-Taste im VERTICAL Bedienfeld gedrückt. Mit der Softmenütaste BUS TYP können je nach installierten Optionen folgende BUS Typen ausgewählt und konfiguriert werden:

- **PARALLEL** (Standard)
- **PARALLEL CLOCKED** (Standard)
- **SSPI** (nur verfügbar mit HOO10/HV110/HOO11/HV111)
- **SPI** (nur verfügbar mit HOO10/HV110/HOO11/HV111)
- **I²C** (nur verfügbar mit HOO10/HV110/HOO11/HV111)
- **UART** (nur verfügbar mit HOO10/HV110/HOO11/HV111)
- **CAN** (nur verfügbar mit HOO12/HV112)
- **LIN** (nur verfügbar mit HOO12/HV112)

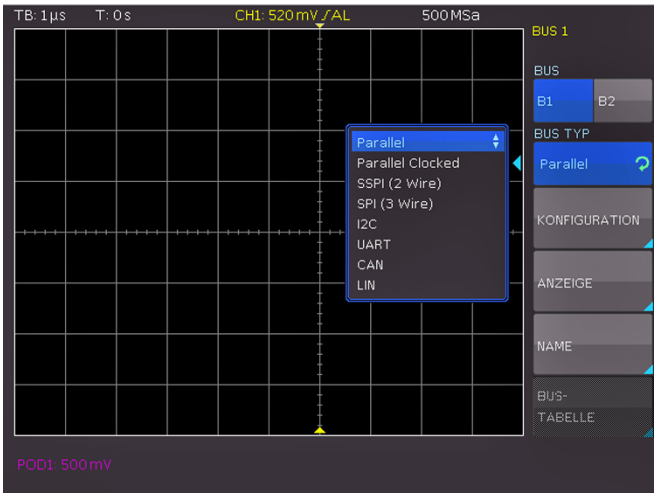


Abb. 13.1: Menü zum Definieren von Bussen

Mit der Softmenütaste KONFIGURATION wird ein vom gewählten Bustyp abhängiges Menü aufgerufen. Diese werden in den Kapiteln der jeweiligen BUS Konfiguration beschrieben. Das Softmenü ANZEIGE ist für alle Busse identisch und ermöglicht die Auswahl des Dekodierungsformats. Es stehen folgende Formate zur Auswahl:

- Binär
- Hexadezimal
- Dezimal
- ASCII

Mit der Softmenütaste BITS kann die Darstellung einzelner Bitleitungen (oberhalb der Wabendarstellung) an- (AN) oder ausgeschaltet werden (AUS).

Mit der Softmenütaste NAME kann ein BUS umbenannt werden. Dieser wird im Messgitter angezeigt und auch ausgedruckt. Der BUS-Name kann mit der Softmenütaste NAME an- (AN) bzw. ausgeschaltet werden (AUS). Ist der Name aktiviert, so erscheint dieser rechts neben der BUS-Anzeige. Mit der Softmenütaste BIBLIOTHEK können vordefinierte Namen ausgewählt werden und mittels NAME EDITIEREN angepasst werden. Maximal sind 8 Zeichen erlaubt. Mit der Taste ANNEHMEN wird der Name im Editor bestätigt und somit auf dem Bildschirm angezeigt. Der Name ist an das Signal gebunden.

13.2.1 BUS-Tabelle

Das Softmenü BUS-TABELLE ermöglicht die Konfiguration bzw. das Exportieren einer Liste mit allen dekodierten Nachrichten im Speicher. Der Inhalt der Tabelle ist protokollspezifisch und die Anzeige der Tabelle kann für jeden individuellen BUS-Typ aktiviert werden. Die Softmenütaste

BUS-TABELLE aktiviert (blau markiert) bzw. deaktiviert die Listendarstellung. In der Standardeinstellung erfolgt die Anzeige der Tabelle am unteren Rand des Bildschirmes. Grundsätzlich erfolgt die Darstellung einer kompletten Nachricht eines Protokolls in einer Zeile. In den Spalten sind je nach Protokoll die wichtigen Informationen, wie z.B. Adresse und Daten der jeweiligen Nachricht, aufgeführt. Die Anzahl der Zeilen in der Tabelle entspricht der Anzahl der kompletten Nachrichtentelegramme im Speicher. Die Dekodierungsergebnisse können als CSV-Datei mittels Softmenütaste SPEICHERN gespeichert werden (z.B. auf einem USB Stick).

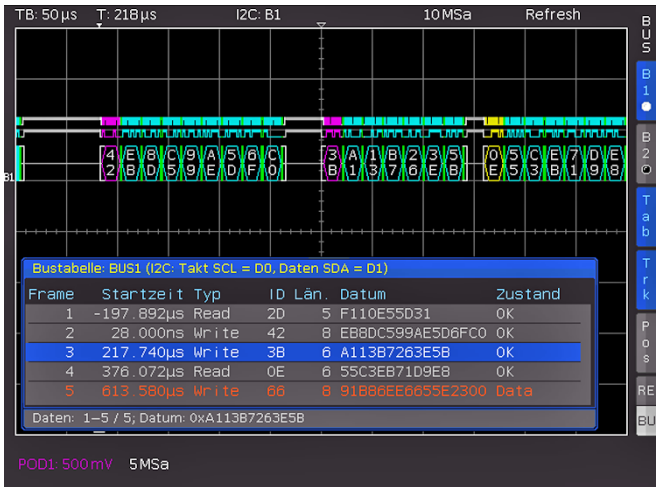


Abb. 13.2: Beispiel I²C BUS mit BUS-Tabelle

Es sollte immer eine komplette Nachricht eines seriellen Protokolles auf dem Bildschirm sichtbar sein, damit die Dekodierung funktionieren kann. Details einzelner Nachrichten lassen sich über die ZOOM-Funktion anzeigen.

Beispiel einer I²C BUS-Tabelle:

„Bustabelle: BUS1 (I²C: Takt SCL = D0, Daten SDA = D1)“
Frame,Mark,Startzeit[s],Typ,ID,Länge,Datum,Zustand
1,,-197.89200e-6,Read,0x2D,5,0xF110E55D31,OK
2,,28.00000e-9,Write,0x42,8,0xEB8DC599AE5D6FC0,OK
3,,217.74000e-6,Write,0x3B,6,0xA113B7263E5B,OK
4,,376.07200e-6,Read,0x0E,6,0x55C3EB71D9E8,OK
5,,613.58000e-6,Write,0x66,8,0x91B86EE6655E2300,Data Error

Die Softmenütaste FRAME FOLGEN dient dazu, beim Scrollen durch die BUS-Tabelle mit dem Universaldrehgeber gleichzeitig zur jeweiligen Position im Speicher zu springen und diese auf dem Bildschirm darzustellen. Dies funktioniert natürlich nur dann, wenn die Erfassung gestoppt ist. Im BUS Kurzmenü erfolgt dies zusätzlich mit der Softmenütaste TRK (= Track). Wird die Softmenütaste FRAME ZEIT-DIFFERENZ aktiviert (blau markiert), wird in der BUS-Tabelle die Zeitdifferenz zum vorherigen Frame (Datenpaket) angezeigt. Die Spalte wird in der Tabelle mit ZEITDIFF. angezeigt. Ist diese Funktion deaktiviert, wird die absolute Zeit in Bezug auf den Triggerpunkt in der Spalte STARTZEIT angezeigt. Im BUS Kurzmenü kann mit der Softmenütaste TAB die BUS-Tabelle aktiviert bzw. deaktiviert werden, ohne ein Menü zu öffnen. Mit der Softmenütaste POSITION kann die Tabelle an den oberen / unteren Bildschirmrand verschoben werden. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, die BUS-Tabelle als Vollbild anzuzeigen. Die Auswahl der Position erfolgt mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld im BUS-Menü oder direkt über die Softmenütaste POS im BUS-Kurzmenü.

Das Abspeichern einer BUS-Tabelle ist nur im STOP Modus möglich.

13.3 Parallel / Parallel Clocked BUS

Der R&S®HMO1002 besitzt standardmäßig den PARALLEL und PARALLEL CLOCKED BUS und kann hierbei bis zu 7 Bit-Leitungen analysieren. Die Anzahl der Bit-Leitungen wird mit der Softmenütaste BUSBREITE und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld eingestellt. Mit den Softmenütasten NACHST./VORH. BIT kann die Position des Auswahlbalkens für die Quelle der einzelnen Bits verschoben werden. Das momentan ausgewählte Bit ist mit einem blauen Balken hinterlegt. Das Informationsfenster zeigt die Reihenfolge der Bits, oben beginnend mit Bit 0 (= LSB). Mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld kann dem gewählten BUS Bit ein Logikkanal zugeordnet werden. Wird als BUS TYP PARALLEL CLOCKED gewählt, kann zusätzlich mit der Softmenütaste STEUERLEIT. die Quellen für CHIP SELECT und CLOCK mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt werden. Die Softmenütaste AKTIV legt fest, ob das Chip-Select-Signal High- oder Low-Aktiv ist. Die Softmenütaste FLANKE schaltet zwischen steigender, fallender und beider Flanken des Taktsignals. Die Auswahl wird im Informationsfenster angezeigt. Die Softmenütaste MENU OFF schließt das Konfigurationsmenü und führt in das BUS-Hauptmenü zurück.

Um auf parallele Busse zu triggern, wird der Logiktrigger empfohlen. Für weitere Informationen zum Logiktrigger siehe Kap. 6.3.3).

13.4 I²C BUS

Die I²C-Triggerung und Dekodierung erfordert die Option HO010 bzw. HO011 oder die Upgrade Voucher HV110 bzw. HV111.

Der I²C Bus ist ein Zweidrahtbus, welcher von Philips (heute NXP Semiconductor) entwickelt wurde. Ein I²C BUS besitzt folgende Eigenschaften:

- Zweidrahtbus (2-wire): Takt (SCL) und Daten (SDA)
- Master-Slave Kommunikation: der Master gibt den Takt vor und wählt den Slave
- Addressierung: jeder Slave ist durch eine eindeutige Adresse adressierbar; mehrere Slave‘s können miteinander verbunden und vom gleichen Master angesprochen werden
- Lesen/Schreiben Bit: Master wird Daten lesen (=1) oder schreiben (=0)
- Acknowledge: erfolgt nach jedem Byte

Das Format einer einfachen I²C Nachricht (Frame) mit 7 Bit Adresslänge ist wie folgt aufgebaut:

- Start-Bedingung: fallende Flanke auf SDA (Serial Data), während SCL (Serial Clock) HIGH ist
- 7-Bit-Adresse (Slave schreiben oder lesen)
- Lesen/Schreiben Bit (R/W): gibt an, ob die Daten geschrieben oder aus dem Slave gelesen werden sollen
- Acknowledge Bit (ACK): wird durch den Empfänger des vorherigen Bytes ausgegeben, wenn die Übertragung erfolgreich war (Ausnahme: bei Lesezugriff beendet der Master die Datenübertragung mit einem NACK Bit nach dem letzten Byte)
- Daten: eine Reihe von Daten-Bytes mit einem ACK-Bit nach jedem Byte
- Stopp-Bedingung: steigende Flanke auf SDA (Serial Data), während SCL (Serial Clock) HIGH ist.

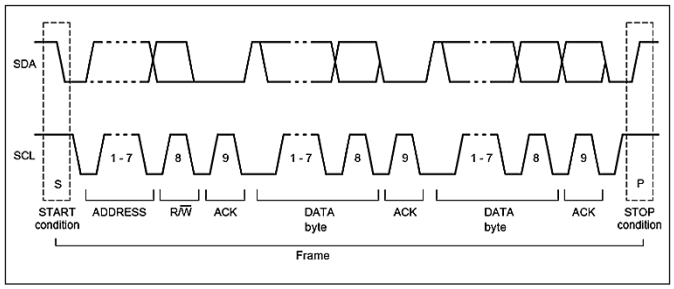


Abb. 13.3: I²C 7-Bit-Adresse

13.4.1 I²C BUS Konfiguration

Vor der BUS Konfiguration ist die Einstellung des Schwellwertes notwendig (siehe Kap. 4.5). Die Standardeinstellung liegt bei 500 mV.

Um den I²C Bus zu dekodieren, wird bei der BUS Konfiguration festgelegt, welcher Kanal an den Takt (SCL) und welcher an die Datenleitung (SDA) angeschlossen ist. Diese Einstellung erfolgt nach Auswahl des BUS TYP I²C im BUS Menü und anschließendem Druck auf die Softmenütaste KONFIGURATION. In dem sich öffnenden wird mit der obersten Softmenütaste TAKT SCL und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld der Quellkanal ausgewählt. Die Zuweisung des Eingangskanals zu DATEN SDA folgt analog dazu. Mit der Softmenütaste 7BIT ADRESSE kann ausgewählt werden, ob die Adresse inklusive Read/Write-Bit (ADDR.+RW) oder nur die Adresse (ADDR.ONLY) interpretiert werden sollen. Ein Informationsfenster zeigt die aktuellen Einstellungen. Zweimaliges Drücken der Softmenütaste MENU OFF schließt das Konfigurationsmenü.

Ist die Option HO011 bzw. der Voucher HV111 installiert, so können nur analoge Kanäle als Quelle gewählt werden. Ist die Option HO010 bzw. der Voucher HV110 installiert, so sind sowohl analoge als auch digitale Kanäle als Quelle auswählbar.

Bestimmte Teile der I²C Nachrichten werden farbig hervorgehoben, um diese einfach unterscheiden zu können. Sind die Datenleitungen zusammen mit der Wabendarstellung gewählt, werden auch die entsprechenden Bereiche farbig gekennzeichnt:

- Leseadresse: Gelb
- Schreibadresse: Magenta
- Daten: Cyan
- Start: Weiß
- Stopp: Weiß
- Kein Acknowledge: Rot
- Acknowledge: Grün

13.4.2 I²C Bus Triggerung

Nachdem der BUS konfiguriert wurde, kann auf verschiedenste Ereignisse getriggert werden. Dazu wird die Taste TYPE im TRIGGER Bedienfeld betätigt und dort die Softmenütaste SERIELLE BUSSE gewählt. Anschließend wird die Taste SOURCE im TRIGGER Bedienfeld gedrückt und I²C Bus ausgewählt. Der I²C BUS ist im SOURCE Menü nur auswählbar, wenn der BUS vorher konfiguriert wurde. Mittels FILTER-Taste im TRIGGER Bedienfeld können nun die möglichen I²C Triggerbedingungen ausgewählt werden.

Folgende Triggerbedingungen können definiert werden:

- **START:** Das Oszilloskop triggert auf die Start-Sequenz. Das Startsignal ist eine fallende Flanke auf SDA-Daten, während der SCL-Takt high ist. Beim Triggern wird ein Neustart wie eine Startbedingung interpretiert.
- **STOPP:** Das Oszilloskop triggert auf die Stopp-Sequenz aller Nachrichten. Das Startsignal ist eine steigende Flanke auf SDA-Daten, während SCL-Takt high ist.
- **NEUSTART:** Das Oszilloskop triggert, wenn vor einer Stoppbedingung eine weitere Startbedingung auftritt. Das Neustart-Signal ist ein wiederholtes Startsignal.
- **NOT-ACKNOWLEDGE:** Das NOT-ACKNOWLEDGE-Bit ist das 9te Bit innerhalb einer Daten-oder Adresseinheit der SDA-Leitung. Bei einem NOT-ACKNOWLEDGE ist das Acknowledge-Bit auf SDA high, obwohl es low sein sollte.
- **LESEN/SCHREIB.:** Das LESEN/SCHREIBEN Menü bietet weitere Triggermöglichkeiten. Mit der Softmenütaste MASTER kann die Triggerbedingung zwischen Lese- (LESEN) und Schreibzugriff (SCHREIB.) des Masters umgeschaltet werden. Das 8te Bit der ersten Dateneinheit (je nach Adresslänge) dient zur Unterscheidung zwischen dem Lese- und Schreibzugriff. Die ausgewählte Bedingung wird im Informationsfenster angezeigt. Die ADRESS-LÄNGE (in Bit) legt die maximale Anzahl der Slave-Adressen des Busses fest. Bei einer 7 Bit Adresslänge stehen maximal 112 Adressen zur Verfügung. Die 10 Bit Adressierung ist durch Nutzung von 4 der 16 reservierten Adressen abwärtskompatibel zur 7 Bit Adressierung und kann mit dieser gleichzeitig verwendet werden. Bei 10 Bit Adresslänge stehen insgesamt 1136 Adressen (1024 + 128 - 16) zur Verfügung. Die höchste 10 Bit Adresse ist 1023 (0x3FF). Die ausgewählte Adresslänge wird im I²C Informationsfenster angezeigt. Die SLAVE ADRESSE ist die Adresse, durch die auf dem BUS unterschieden wird, mit welchem Slave der Master kommunizieren soll. Mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld wird die Adresse des zu beobachtenden Busteilnehmers, auf den getriggert werden soll, ausgewählt. Mit dem Softmenü DATEN können zusätzlich zur Adresse noch spezifische Daten

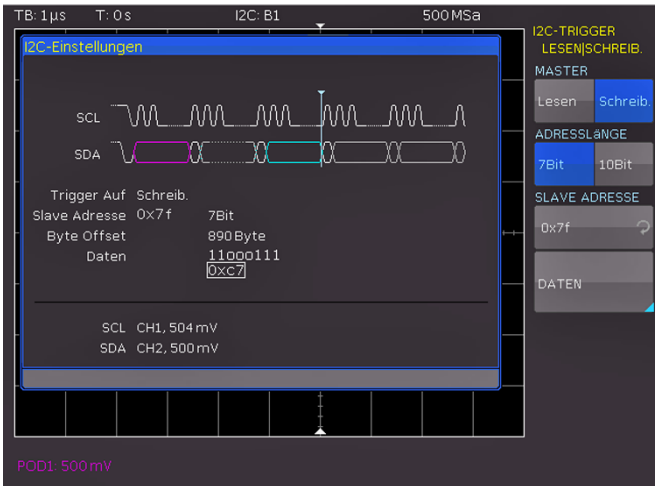


Abb. 13.4: I²C LESEN/SCHREIB Triggermenü

eingeben kann. Dieses Menü bietet die Möglichkeit, auf konkret festgelegte Datenbytes (Farbe Cyan) innerhalb der Übertragung zu triggern und damit uninteressante Übertragungen herauszufiltern. Ein Offset von 0 bis 4095 zur Adresse ist erlaubt (Softmenütaste BYTE OFFSET). In den meisten Fällen wird das Byte Offset Null sein, wenn auf die maximal 24 ersten Bits nach der Adresse getriggert werden soll. Mit der Softmenütaste BYTEANZAHL wird festgelegt, wieviele Bytes für die Triggerbedingung ausgewertet werden sollen. Es kann auf maximal 24 Bit (3 Byte) Daten getriggert werden. Die Eingabe kann binär oder hexadezimal erfolgen (PATTERNEINGABE). Wird die binäre Eingabe gewählt, können die einzelnen Bits mit der Softmenütaste BIT WÄHLEN und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld einem beliebigen Zustand zugeordnet werden. Mit der Softmenütaste ZUSTAND wird für jedes Bit der Zustand H (=1), L (=0) oder X (ohne Wertung) festgelegt. Der Zustand X kennzeichnet einen beliebigen Zustand. Bei der hexadezimalen Eingabe kann nur das gesamte Byte auf X gesetzt werden. Wird die hexadezimale Eingabe gewählt, wird mit der Softmenütaste WERT und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld der jeweilige Bytewert festgelegt. Mit der Softmenütaste BYTE WÄHLEN werden die verschiedenen Bytes (Byte 1 zu Byte 2 zu Byte 3 etc.) der Reihe nach für die Bearbeitung ausgewählt (abhängig von der eingestellten BYTE-ANZAHL). Das jeweils aktive Byte wird im Anzeigefenster der Triggerbedingung mit einem grünen Rand versehen.

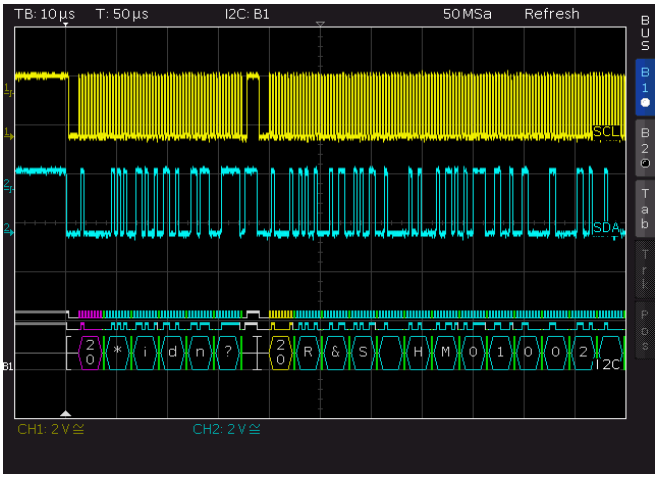


Abb. 13.5: I²C BUS

Durch mehrmaliges Drücken der MENU OFF Softmenütaste schließt alle Menüs und das Oszilloskop triggert auf die eingestellte Adresse und Daten.
Bei Messungen ohne Messobjekt siehe Kap. 10.2.5.

13.5 SPI / SSPI BUS

Die SPI/SSPI-Triggerung und Dekodierung erfordert die Option HO010 bzw. HO011 oder die Upgrade Voucher HV110 bzw. HV111.

Das Serial Peripheral Interface SPI wird für die Kommunikation mit langsamen Peripheriegeräten verwendet, insbesondere für die Übertragung von Datenströmen. Der SPI Bus wurde von Motorola (heute Freescale) entwickelt, ist aber nicht förmlich standardisiert. Es ist im allgemeinen ein Bus mit Takt- und Datenleitung und einer Auswahlleitung (3-wire). Wenn nur ein Master und ein Slave vorhanden sind, kann die Auswahlleitung entfallen, diese wird auch SSPI (Simple SPI) genannt (2-wire). Ein SPI BUS besitzt folgende Eigenschaften:

- Master-Slave Kommunikation
- Keine Geräteadressierung
- Kein Acknowledge zur Bestätigung des Datenempfangs
- Duplex-Fähigkeit

Die Dekodierung der Adresse erfolgt als 7 Bit Wert. Das 8. Bit zur Schreib-Leseunterscheidung wird in der Farbe dekodiert, nicht im HEX Wert der Adresse.

Die meisten SPI Busse haben 4 gemeinsame Leitungen, 2 Daten- und 2 Steuerleitungen:

- Taktleitung zu allen Slaves (SCLK)
- Slave Select oder Chip-Select-Leitung (SS oder CS)
- Master-Out-Slave-In, Slave-Data-Input (MOSI oder SDI)
- Master-In-Slave-Out, Slave-Data-Output (MISO or SDO)

Wenn der Master einen Takt erzeugt und einen Slave auswählt, so können Daten in eine oder beide Richtungen gleichzeitig übertragen werden (nur mit HOO10/HV110 möglich)..

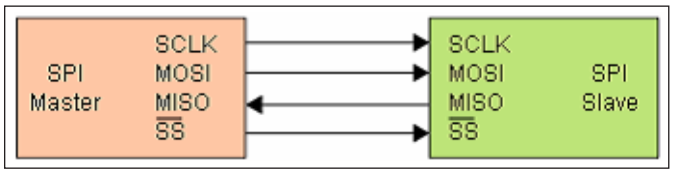


Abb. 13.6: Einfache Konfiguration eines SPI BUS

13.5.1 SPI / SSPI BUS Konfiguration

Vor der BUS Konfiguration ist die Einstellung des Schwellwertes notwendig (siehe Kap. 4.5). Die Standardeinstellung liegt bei 500 mV. Der externe Triggereingang wird bei 3-wire SPI als CS (Chip Select) verwendet. Die Schwelle kann im BUS-Konfigurationsmenü mit der Softmenütaste EXTERNE SCHWELLE eingestellt werden.

Um eine korrekte Dekodierung eines SPI/SSPI Busses zu gewährleisten, wird zunächst mit der Softmenütaste BUS TYP festgelegt, ob ein SPI System mit oder ohne Chipselect (also 2-Draht SSPI oder 3-Draht SPI) vorliegt. Anschließend wird das Konfigurationsmenü über die Softmenütaste KONFIGURATION geöffnet. Mit der Softmenütaste QUELLE wird die entsprechende Quelle und mit der darunter liegenden Softmenütaste der jeweilige Kanal für Chip-Select (CS), Takt (Clk) und Daten mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt. Im Falle des SSPI BUS wird anstelle der Chip-Select-Quelle die mögliche TOTZEIT gewählt. Innerhalb der Totzeit sind Daten und Taktleitung auf Low. Wird die Totzeit erreicht, beginnt ein neuer Frame. Sind die zeitlichen Abstände der Datenpakete zueinander kürzer als die Totzeit, so gehören diese zum gleichen Frame. Die Totzeit kann entweder mit dem Universaldrehgeber oder numerisch mittels KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld erfolgen. Zur Kontrolle wird ein Informationsfenster zu den aktuellen Einstellungen auf dem Bildschirm gezeigt.

Ist die Option HO011 bzw. der Voucher HV111 installiert, so können nur analoge Kanäle als Quelle gewählt werden. Ist die Option HO010 bzw. der Voucher HV110 installiert, so sind sowohl analoge als auch digitale Kanäle als Quelle auswählbar.

Neben der Quellen-Zuordnung können folgende Einstellungen mit der Softmenütaste AKTIV vorgenommen werden:

- **CS:** Chip-Select High oder Low aktiv (Low aktiv = Standardeinstellung)
- **CLK:** Datenübernahme auf steigender oder fallender Flanke (steigende Flanke = Standardeinstellung)
- **DATA:** Daten High oder Low aktiv (High aktiv = Standardeinstellung)

Mit der Softmenütaste BIT REIHENFOLGE kann festgelegt werden, ob die Daten der einzelnen Nachrichten mit dem MSB (Most Significant Bit) oder LSB (Least Significant Bit) beginnen sollen. Die Softmenütaste WORTGRÖßE erlaubt in Verbindung mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld die Einstellung, wieviele Bits eine Nachricht beinhaltet. Es sind Werte von 1Bit bis 32Bit möglich.

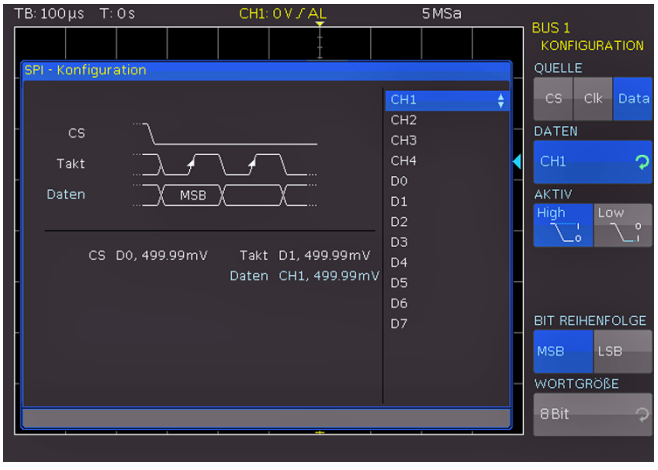


Abb. 13.7: Menü zum Definieren eines SPI Busses

13.5.2 SPI / SSPI BUS Triggerung

Nachdem der SPI/SSPI BUS konfiguriert wurde, kann auf verschiedenste Ereignisse getriggert werden. Dazu wird die Taste TYPE im TRIGGER Bedienfeld betätigt und dort die Softmenütaste SERIELLE BUSSE gewählt. Anschließend wird die Taste SOURCE im TRIGGER Bedienfeld gedrückt und der SPI/SSPI BUS ausgewählt. Der SPI/SSPI BUS ist im SOURCE Menü nur auswählbar, wenn der BUS vorher konfiguriert wurde. Mittels FILTER-Taste im TRIGGER Bedienfeld können nun die möglichen SPI/SSPI Triggerbedingungen ausgewählt werden.

Folgende Triggerbedingungen können definiert werden:

- **FRAME START:** Setzt das Triggerereignis auf den Start des Frames. Der Frame beginnt beim Wechsel des Chip-Select (CS) Signals auf den ausgewählten aktiven Zustand.
- **FRAME ENDE:** Setzt das Triggerereignis auf das Ende des Frames. Der Frame endet beim Wechsel des Chip-Select (CS) Signals vom ausgewählten aktiven zum inaktiven Zustand.
- **BIT:** Mit dem Universaldrehgeber oder numerisch mit der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld kann der Triggerzeitpunkt auf das eingestellte Bit innerhalb der eingestellten Bitfolge gesetzt werden.
- **SER. BITFOLGE:** Es kann eine bestimmte Reihenfolge von Bits innerhalb des Frames definiert werden, die das Triggerereignis auslöst. Mit der Softmenütaste BIT-OFFSET kann das erste Bit der definierten Bitfolge innerhalb des Frames festgelegt werden. Eine Werteeingabe von 0 bis 4095 ist mit dem Universaldrehgeber oder numerisch mit der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld möglich. Die Bits davor haben keinen Einfluss auf das Triggerereignis (z.B. bei Bit Offset = 2 werden Bit 0 und Bit 1 nach CS ignoriert und das Muster beginnt mit Bit 2). Die Softmenütaste BIT ANZAHL legt fest, wieviele Bits für die Triggerbedingung ausgewertet werden sollen. Die Werteeingabe von 1 bis 32 Bit erfolgt mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld. Die Eingabe der seriellen Bitfolge (PATTERN-EINGABE) kann binär oder hexadezimal erfolgen. Wird die binäre Eingabe gewählt, so können die einzelnen Bits innerhalb der Daten zur Bearbeitung mit der Softmenütaste BIT WÄHLEN und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt werden. Mit der Softmenütaste ZUSTAND wird jedem Bit ein logischer Zustand zugeordnet (High = H = 1, Low = L = 0 oder X = ohne Wertung). Der Zustand X kennzeichnet einen beliebigen Zustand. Wird die hexadezimale Eingabe gewählt, wird mit der Softmenütaste WERT und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld der Wert für das jeweilige Nibble (4 Bit) festgelegt. Bei der hexadezimalen Eingabe kann nur das gesamte Nibble auf

X gesetzt werden. Mit der Softmenütaste NIBBLE WÄHLEN kann von Nibble zu Nibble geschaltet werden. Das jeweils aktive Nibble wird im Anzeigefenster der Triggerbedingung mit einem grünen Rand versehen.

Mehrmaliges Drücken auf die Softmenütaste MENU OFF schließt alle Menüs und das Oszilloskop triggert auf die eingestellte Bitfolge.
Bei Messungen ohne Messobjekt siehe Kap. 10.2.5.

13.6 UART/RS-232 BUS

Die UART/RS-232-Triggerung und Dekodierung erfordert die Option HO010 bzw. HO011 oder die Upgrade Voucher HV110 bzw. HV111.

Der UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) BUS ist ein generelles Bussystem und Grundlage für viele Protokolle. Das RS-232 Protokoll ist eines davon. Es besteht aus einem Rahmen mit Startbit, fünf bis neun Datenbits, einem Paritäts- und einem Stoppbit. Das Stoppbit kann die 1-fache, die 1½-fache oder die 2-fache Länge eines normalen Bits haben.

Abb. 13.8: UART Bitfolge

13.6.1 UART/RS-232 BUS Konfiguration

Vor der BUS Konfiguration ist die Einstellung des Schwellwertes notwendig (siehe Kap. 4.5). Die Standardeinstellung liegt bei 500 mV.

Nachdem der BUS TYP UART gewählt wurde, wird das Konfigurationsmenü über die Softmenütaste KONFIGURATION geöffnet. Mit der Softmenütaste DATENQUELLE und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld wird der gewünschte Kanal ausgewählt.

Ist die Option HO011 bzw. der Voucher HV111 installiert, so können nur analoge Kanäle als Quelle gewählt werden. Ist die Option HO010 bzw. der Voucher HV110 installiert, so sind sowohl analoge als auch digitale Kanäle als Quelle auswählbar.

Die Softmenütaste AKTIV legt fest, ob die auf dem BUS übertragenden Daten aktiv High (High = 1) oder aktiv Low (Low = 1) sind (bei RS-232 ist hier Low zu wählen). Mit der Softmenütaste SYMBOLGRÖßE und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld können die Bits, welche ein Symbol bilden, von 5 Bit bis 9 Bit eingestellt werden.

Paritätsbits dienen zur Fehlererkennung während einer Übertragung. Folgende Paritätseinstellungen sind möglich:
- **KEINE:** Kein Paritätsbit verwenden.
- **GERADE (GER.):** Das Paritätsbit wird auf „1“ gesetzt, wenn die Anzahl der „Einsen“ in einem bestimmten Satz von Bits ungerade ist (ohne Paritätsbit).
- **UNGERADE (UNGER.):** Das Paritätsbit wird auf „1“ gesetzt, wenn die Anzahl der „Einsen“ in einem bestimmten Satz von Bits gerade ist (ohne Paritätsbit).

Mit der Softmenütaste STOPPBITS wird die Länge des Stoppbits festgelegt (1 = 1-fach, 1.5 = 1½-fach oder 2 = 2-fach).

Auf Seite 2|2 des UART BUS Konfigurationsmenü kann die BITRATE (Symbolrate) mittels Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld eingestellt werden. Die Bitrate beschreibt die gesendeten Bits pro Sekunde. Gebräuchliche Zahlenwerte stehen zur Auswahl. Über die Softmenütaste NUTZER können dagegen eigene Bitraten mit dem Universaldrehgeber oder numerisch mit der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld definiert werden.

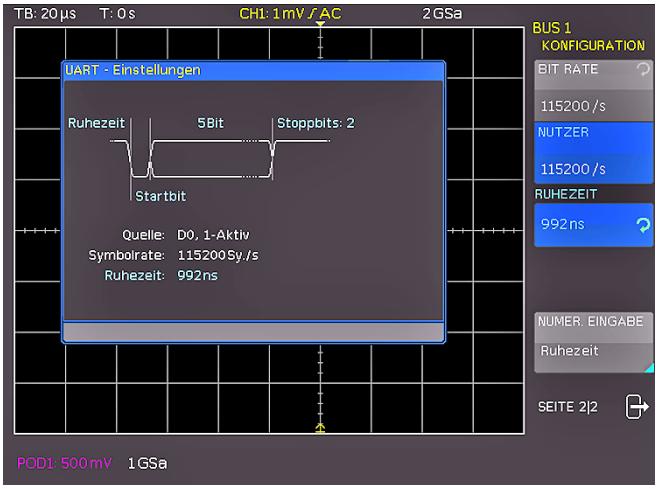


Abb. 13.9: Seite 2|2 UART BUS Konfigurationsmenü

Die RUHEZEIT stellt die minimale Zeit zwischen dem Stopp-Bit der letzten Daten und dem Start-Bit der neuen Daten dar. Die Ruhezeit dient ausschließlich dazu, den Start einer Übertragung und damit den genauen Start eines Frames (ein oder mehrere Symbole, meist Byte) zu bestimmen. Nur mit dieser Information ist ein korrektes dekodieren und triggern (egal welche Triggerart) möglich. Ein Start-Bit innerhalb der Ruhezeit wird nicht erkannt. Die Werteeingabe erfolgt mit Universaldrehgeber oder numerisch mit der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld. Zur Kontrolle wird ein Informationsfenster zu den aktuellen Einstellungen auf dem Bildschirm gezeigt.

13.6.2 UART/RS-232 BUS Triggerung

Nachdem der UART/RS-232 BUS konfiguriert wurde, kann auf verschiedenste Ereignisse getriggert werden. Dazu wird die Taste TYPE im TRIGGER Bedienfeld betätigt und dort die Softmenütaste SERIELLE BUSSE gewählt. Anschließend wird die Taste SOURCE im TRIGGER Bedienfeld gedrückt und der UART BUS ausgewählt. Der UART BUS ist im SOURCE Menü nur auswählbar, wenn der BUS vorher konfiguriert wurde. Mittels FILTER-Taste im TRIGGER Bedienfeld können nun die möglichen UART Triggerbedingungen ausgewählt werden. Folgende Triggerbedingungen können definiert werden:
- **STARTBIT:** Das Start-Bit ist das erste 0-Bit, das auf ein Stopp-Bit oder eine Ruhezeit folgt.
- **FRAME START:** Stellt das erste Start-Bit nach einer Ruhezeit dar.

- **SYMBOL<N>:** Definiert ein ausgewähltes n-tes Symbol als Triggerereignis.
- **BEL. SYMBOL:** In diesem Menü kann ein beliebiges Symbol definiert werden, auf welches getriggert werden soll. Das Symbol kann sich dabei an einer beliebigen Stelle innerhalb eines Frames befinden. Die Eingabe der seriellen Bitfolge (PATTERNEINGABE) kann binär oder hexadezimal erfolgen. Wird die binäre Eingabe gewählt, können die einzelnen Bits innerhalb der Daten zur Bearbeitung mit der Softmenütaste BIT WÄHLEN und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt werden. Mit ZUSTAND wird jedem Bit ein logischer Zustand zugeordnet (High = H = 1, Low = L = 0 oder X = ohne Wertung). Der Zustand X kennzeichnet einen beliebigen Zustand. Wird die hexadezimale Eingabe gewählt, so wird mit der Softmenütaste WERT und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld der Wert für das jeweilige Symbol festgelegt. Bei der hexadezimalen Eingabe kann nur das gesamte Symbol auf X gesetzt werden. Mit der Softmenütaste SYMBOL WÄHLEN kann von Symbol zu Symbol geschaltet werden.
- **DATEN:** Dieses Softmenü bietet weitere UART Triggereinstellmöglichkeiten. Mit der Softmenütaste SYMBOL OFFSET kann mit dem Universaldrehgeber oder der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld die Anzahl an unrelevanten Symbolen festgelegt werden, die innerhalb des Frames vor dem für das Triggerereignis relevanten Muster stehen. Eine Werteeingabe von 0 bis 4095 Symbolen nach dem Start-Bit ist möglich. Mit der Softmenütaste ANZ. DER SYMB. und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld kann die Größe des Musters definiert werden. Die Länge der Symbole (5 bis 9 Bit) wurde bei der Busdefinition bereits festgelegt und hier im Triggermenü entsprechend berücksichtigt. Die Werteeingabe der Symbole kann wieder (wie zuvor beschrieben) binär oder hexadezimal erfolgen und wird bestimmt durch die Softmenütaste PATTERNEINGABE. Wird die binäre Eingabe gewählt, können die einzelnen Bits mit der Softmenütaste BIT WÄHLEN und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienbereich ausgewählt werden. Die Softmenütaste ZUSTAND legt den Zustand für jedes Bit fest (1, 0 oder X). Wird die hexadezimale Eingabe gewählt, wird mit der Softmenütaste WERT und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld der Wert für das jeweilige Symbol festgelegt. Mit der Softmenütaste SYMBOL WÄHLEN schaltet man von Symbol zu Symbol. Das jeweils aktive Byte wird im Anzeigefenster der Triggerbedingung mit einem grünen Rand versehen.
- **PARITÄTSFEHLER:** Triggern bei einem Paritätsfilter
- **FRAME FEHLER:** Triggern bei einem Frame-Fehler

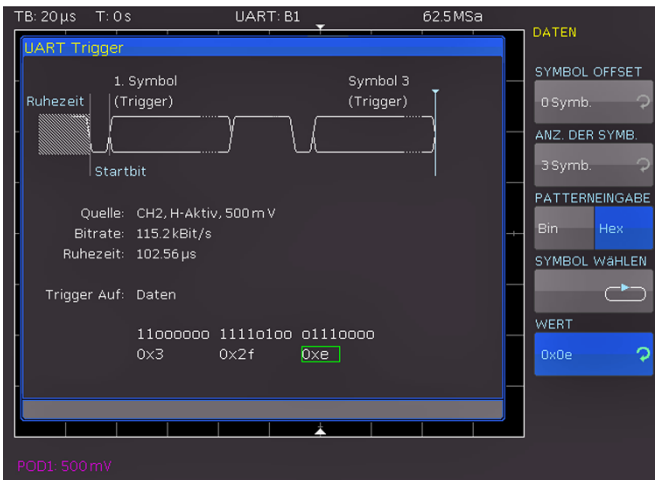


Abb. 13.10: Triggermenü UART Daten

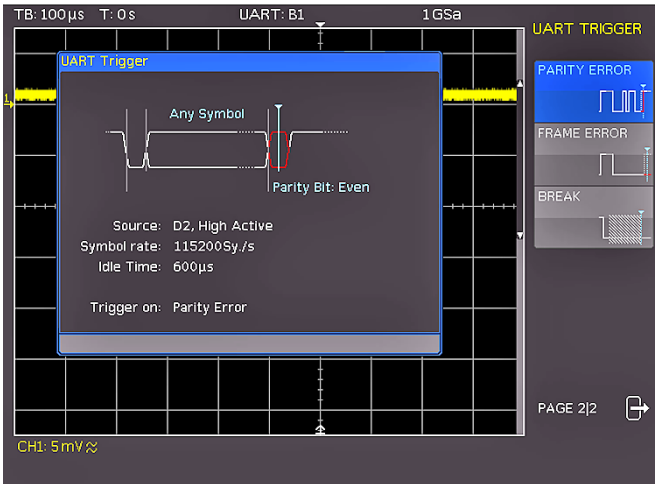


Abb. 13.11: UART Triggermenü Seite 2

- **BREAK:** Triggern bei einem Break. Die Break-Bedingung ist erfüllt, wenn nach einem Start-Bit nicht innerhalb eines bestimmten Zeitraumes ein Stop-Bit folgt. Während des Breaks sind die Stop-Bits Low aktiv.

Mehrmaliges Drücken auf die Softmenütaste MENU OFF schließt alle Menüs und das Oszilloskop triggert auf die eingestellte Bitfolge.

Bei Messungen ohne Messobjekt siehe Kap. 10.2.5.

13.7 CAN BUS

Die CAN-Triggerung und Dekodierung erfordert die Option HO012 oder den Upgrade Voucher HV112.

Der CAN BUS (Controller Area Network) ist ein Bussystem vorrangig für die Automobiltechnik und wird zum Datenaustausch zwischen Steuergeräten untereinander und mit Sensoren eingesetzt. Dieses Bussystem ist vermehrt auch in der Luftfahrt-, Medizin- und in der allgemeinen Automatisierungsindustrie zu finden. Das Signal ist auf der physikalischen Ebene ein differentielles Signal. Es wird daher zum Dekodieren ein differentieller Tastkopf (z.B. HZO40) empfohlen, auch wenn es mit den Standardtastköpfen möglich ist, die Signale aufzunehmen. Eine CAN Nachricht besteht im wesentlichen aus einem Startbit, der Frame ID (11 oder 29 Bit), dem Data Length Code DLC, den Daten, einem CRC, Acknowledge und Endbit.

13.7.1 CAN BUS Konfiguration

Vor der BUS Konfiguration ist die Einstellung des Schwellwertes notwendig (siehe Kap. 4.5). Die Standardeinstellung liegt bei 500 mV.

Nachdem der BUS TYP CAN gewählt wurde, wird das Konfigurationsmenü über die Softmenütaste KONFIGURATION geöffnet. Mit der Softmenütaste DATA und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld wird der gewünschte Kanal ausgewählt. Grundsätzlich kann ein analoger oder digitaler Kanal an CAN-High oder CAN-Low angeschlossen werden. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, einen differentiellen Tastkopf (z.B. HZO40) an einen analogen Kanal anzuschließen. Bei Nutzung eines differentiellen Tastkopfes ist CAN High zu wählen, wenn der Plus Eingang des Tastkopfes an CAN-H und der Minus Eingang an CAN L angeschlossen ist. Wird der Tastkopf mit umgekehrter Polarität angeschlossen, mus CAN L gewählt werden.

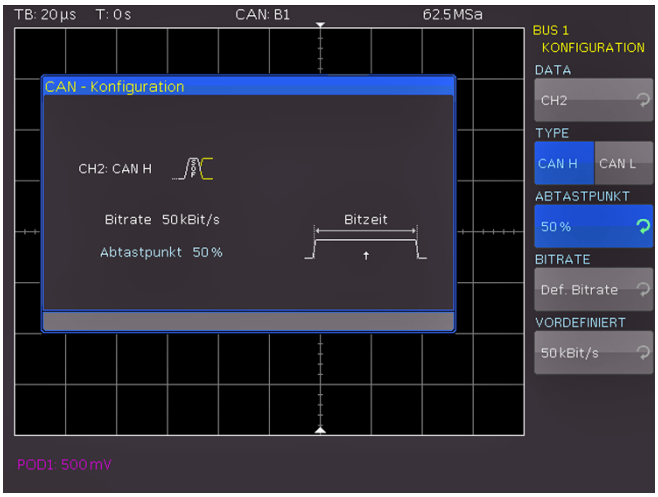


Abb. 13.12: CAN BUS Konfiguration

Die Softmenütaste ABTASTPUNKT bestimmt den Zeitpunkt innerhalb der Bit-Zeit, an dem der Wert für das aktuelle Bit „gesamplet" wird. Die Werteeingabe in Prozent (25% bis 90%) erfolgt mit dem Universaldrehgeber oder numerisch mit der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld. Die BITRATE beschreibt die gesendeten Bits pro Sekunde und erlaubt mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld die Auswahl von Standarddatenraten. Mit der Softmenütaste NUTZER können eigene Bitraten definiert werden. Die Werteeingabe erfolgt mittels Universaldrehgeber oder KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld.

13.7.2 CAN BUS Triggerung

Nachdem der CAN BUS konfiguriert wurde, kann auf verschiedenste Ereignisse getriggert werden. Dazu wird die Taste TYPE im TRIGGER Bedienfeld betätigt und dort die Softmenütaste SERIELLE BUSSE gewählt. Anschließend wird die Taste SOURCE im Trigger Bedienfeld gedrückt und der CAN Bus ausgewählt. Der CAN BUS ist im SOURCE Menü nur auswählbar, wenn der BUS vorher konfiguriert wurde. Mittels FILTER-Taste im TRIGGER Bedienfeld können nun die möglichen CAN Triggerbedingungen ausgewählt werden. Folgende Triggerbedingungen können definiert werden:

- **FRAME START:** Triggern auf die erste Flanke des SOF-Bit (Synchronisationsbit).
- **FRAME ENDE:** Triggern auf das Ende des Frames.
- **FRAME LESEDATEN:** Dieses Softmenü bietet verschiedene Auswahlmöglichkeiten, wie das Triggern auf FEHLER (allgemeiner Frame-Fehler), ÜBERLAST (Triggern auf CAN Overload-Frames) oder DATEN (Triggern auf Daten-Frames). Mit der Softmenütaste LESEDATEN wird auf Lese-Frames getriggert. Mittels Softmenütaste LESEN/SCHREIBEN:wird auf Lese- und Daten-Frames getriggert. Mit der Softmenütaste ID TYP und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld kann der Identifiertyp (11 Bit, 29 Bit oder beliebig) ausgewählt werden.
- **FEHLER S:** Identifiziert verschiedene Fehler in einem Frame. Es können eine oder mehrere Fehlermeldungstypen als Trigger-Bedingung ausgewählt werden. Mittels Softmenütaste STOPFBIT (Stuff Bit) werden die einzelnen Frame-Segmente (wie Frame-Start etc.) vom „Bit Stuffing"- Verfahren codiert. Der Transmitter fügt automatisch ein komplementäres Bit im Bitstrom ein, wenn er fünf aufeinanderfolgende Bits mit gleichem Wert in dem zu übertragenden Bitstrom erkennt. Ein „Stuff"-Fehler tritt auf, wenn die sechste aufeinanderfolgende gleiche Bit-Ebene in den genannten Bereichen erkannt wird. Ein FORM-Fehler tritt auf, wenn ein festes Bitfeld ein oder mehrere unzulässige Bits enthält. Ein Bestätigungsfehler tritt auf, wenn der Transmitter keine Bestätigung empfängt (Acknowledge). CAN BUS verwendet eine komplexe Prüfsummenberechnung (CRC-Cyclic Redundancy Check). Der Transmitter berechnet die CRC und sendet das Ergebnis in einer CRC-Sequenz. Der Empfänger berechnet die CRC in der gleichen Weise. Ein CRC-Fehler tritt auf, wenn das berechnete Ergebnis von der empfangenen CRC-Sequenz abweicht.
- **IDENTIFIER:** Kennzeichnet die Priorität und die logische Adresse einer Nachricht. Mit der Softmenütaste FRAME TYP (Daten allgemein, Lesedaten bzw. Lese/Schreibdaten) kann mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld der Typ ausgewählt werden. Mit dem Softmenü ADRESS-SETUP kann mit der Softmenütaste ID TYP die Länge des Identifiertyps mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld eingestellt werden (11 Bit Basis oder 29 Bit für erweiterte CAN Frames). Die Softmenütaste VERGLEICH setzt die Vergleichsfunktion. Wenn das Pattern mindestens ein X (ohne Wertung) enthält, kann auf gleich oder ungleich des angegebenen Wertes getriggert werden. Wenn das Pattern nur 0 oder 1 enthält, kann auf einen Bereich größer oder kleiner des angegebenen Wertes getriggert werden. Die PATTERNEINGABE kann binär oder hexadezimal erfolgen. Wird die binäre Eingabe gewählt, können die einzelnen Bits innerhalb der Daten zur Bearbeitung mit der Softmenütaste BIT und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt werden. Mit ZUSTAND wird jedem Bit ein logischer Zustand zugeordnet (High = H = 1, Low = L = 0 oder X = ohne Wertung). Der Zustand X kennzeichnet einen belie-

bigen Zustand. Wird die hexadezimale Eingabe gewählt, so wird mit der Softmenütaste WERT und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienbereich der Wert für das jeweilige Byte festgelegt. Bei der hexadezimalen Eingabe kann nur das gesamte Byte auf X gesetzt werden. Mit der Softmenütaste BYTE kann von Byte zu Byte geschaltet werden.

- **ADRESSE UND DATEN:** Dieses Softmenü bietet die gleichen Einstellmöglichkeiten wie das Softmenü IDENTIFIER (siehe oben). Mit der Softmenütaste FRAME TYP (Daten allgemein bzw. Lesedaten) kann mit dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld der Typ ausgewählt werden. Im Softmenü ADRESS-SETUP wird die Adresse des entsprechenden Musters eingeben. Das Softmenü DATEN SETUP erlaubt die Eingabe des Datenbitmusters bzw. der HEX Werte für bis zu 8 Byte (nur einstellbar, wenn als Frame Typ DATEN gewählt wurde). Als Vergleiche für Adress- und Datenwerte stehen jeweils wieder GRÖßER und KLEINER GLEICH, GLEICH sowie UNGLEICH zur Verfügung.

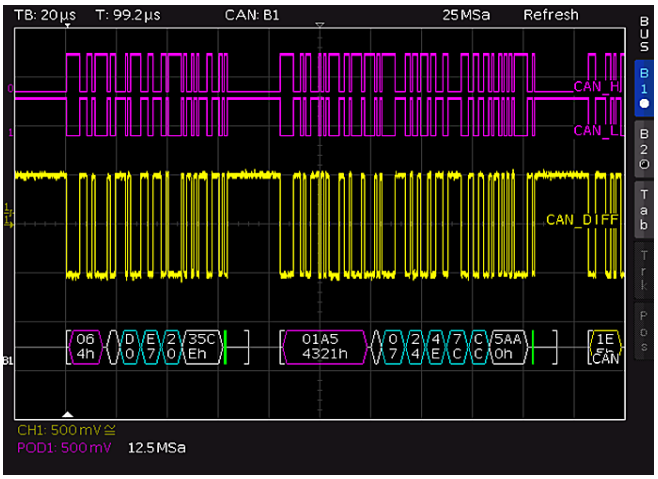


Abb. 13.13: CAN BUS

Mehrmaliges Drücken auf die Softmenütaste MENU OFF schließt alle Menüs und das Oszilloskop triggert auf die eingestellte Bitfolge.
Bei Messungen ohne Messobjekt siehe Kap. 10.2.5.

13.8 LIN BUS

Der LIN BUS (Local Interconnect Network) ist ein einfaches Master/Slave Bussystem für die Automobiltechnik und wird zum Datenaustausch zwischen Steuergeräten und Sensoren bzw. Aktoren eingesetzt. Das Signal wird auf einer Leitung mit Massebezug zur Fahrzeugmasse übertragen. Ein LIN BUS besitzt folgende Eigenschaften:

Die LIN-Triggerung und Dekodierung erfordert die Option HO012 oder den Upgrade Voucher HV112.

- Serielles Single-Wire Kommunikationsprotokoll (byte-orientiert)
- Master-Slave Kommunikation (in der Regel bis zu 12 Knoten)
- Mastergesteuerte Kommunikation (Master initiiert / koordiniert die Kommunikation)

Die Daten werden in Bytes ohne Parität übertragen (basierend auf UART). Jedes Byte besteht aus einem Startbit, 8 Datenbits und einem Stop-Bit.

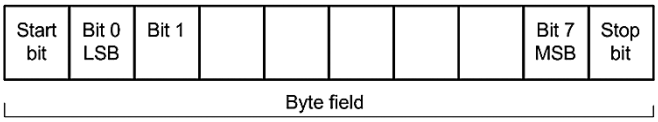


Abb. 13.14: Aufbau LIN Byte-Struktur

13.8.1 LIN BUS Konfiguration

Vor der BUS Konfiguration ist die Einstellung des Schwellwertes notwendig (siehe Kap. 4.5). Die Standardeinstellung liegt bei 500 mV.

Nachdem der BUS TYP LIN gewählt wurde, wird das Konfigurationsmenü über die Softmenütaste KONFIGURATION geöffnet. Mit der Softmenütaste DATA und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld wird der gewünschte Kanal ausgewählt. Die Softmenütaste POLARITÄT schaltet zwischen High (H) und Low (L) um. Grundsätzlich kann ein analoger oder digitaler Kanal an LIN-High oder LIN-Low angeschlossen werden. Mit der Softmenütaste VERSION und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld können die verschiedenen Versionen des LIN-Standards eingestellt werden. Die BITRATE legt die Anzahl der übertragenen Bits pro Sekunde fest. Mittels Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld kann zwischen vordefinierten Standard-Datenraten und nutzerdefinierten Datenraten (NUTZER) gewählt werden. Die maximal mögliche nutzerdefinierte Datenrate beträgt 4 MBit/s. Die nutzerdefinierte Werteeingabe erfolgt mittels Universaldrehgeber oder numerisch mit der KEYPAD Taste im CURSOR/MENU Bedienfeld.

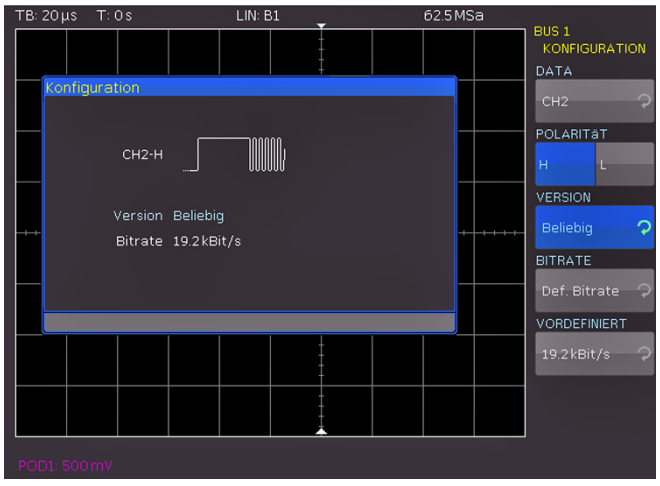


Abb. 13.15: LIN BUS Menü

13.8.2 LIN BUS Triggerung

Nachdem der LIN BUS konfiguriert wurde, kann auf verschiedenste Ereignisse getriggert werden. Dazu wird die Taste TYPE im TRIGGER Bedienfeld betätigt und dort die Softmenütaste SERIELLE BUSSE gewählt. Anschließend wird die Taste SOURCE im TRIGGER Bedienfeld gedrückt

und der LIN BUS ausgewählt. Der LIN BUS ist im SOURCE Menü nur auswählbar, wenn der BUS vorher konfiguriert wurde. Mittels FILTER-Taste im TRIGGER Bedienfeld können nun die möglichen LIN Triggerbedingungen ausgewählt werden. Folgende Triggerbedingungen können definiert werden:

- **FRAMESTART:** Triggert auf das Stoppbit des Synchronisationsfeld.
- **WAKE UP:** Triggert nach einem „Wake up" Frame.
- **FEHLER C:** In diesem Menü können eine oder mehrere Fehlermeldungstypen als Trigger-Bedingung ausgewählt werden. Ein LIN BUS verwendet eine komplexe Prüfsummenberechnung (CRC - Cyclic Redundancy Check). Der Transmitter berechnet die CRC und sendet das Ergebnis in einer CRC-Sequenz. Der Empfänger berechnet die CRC in der gleichen Weise. Ein CRC-Fehler tritt auf, wenn das berechnete Ergebnis von der empfangenen CRC-Sequenz abweicht. Mittels Softmenütaste PARITÄT wird auf ein Paritätsfehler getriggert. Paritätsbits sind Bit 6 und Bit 7 des Identifier. Hierbei wird die korrekte Übertragung des Identifier überprüft. Mit der Softmenütaste SYNCHRONISATION: wird getriggert, wenn das Synchronisationsfeld einen Fehler meldet.
- **ID:** Dieses Softmenü setzt den Trigger zu einem bestimmten Identifier bzw. zu einem bestimmten Identifierbereich. Die Softmenütaste VERGLEICH setzt die Vergleichsfunktion. Wenn das Pattern mindestens ein X (ohne Wertung) enthält, kann auf gleich oder ungleich des angegebenen Wertes getriggert werden. Wenn das Pattern nur 0 oder 1 enthält, kann auf einen Bereich größer oder kleiner des angegebenen Wertes getriggert werden. Die PATTERN-EINGABE kann binär oder hexadezimal erfolgen. Wird die binäre Eingabe gewählt, können die einzelnen Bits innerhalb der Daten zur Bearbeitung mit der Softmenütaste BIT und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld ausgewählt werden. Mit ZUSTAND wird jedem Bit ein logischer Zustand zugeordnet (High = H = 1, Low = L = 0 oder X = ohne Wertung). Der Zustand X kennzeichnet einen beliebigen Zustand. Wird die hexadezimale Eingabe gewählt, wird mit der Softmenütaste WERT und dem Universaldrehgeber im CURSOR/MENU Bedienfeld der Wert für das jeweilige Byte festgelegt. Bei der hexadezimalen Eingabe kann nur das gesamte Byte auf X gesetzt werden. Mit der Softmenütaste BYTE kann von Byte zu Byte geschaltet werden.
- **ADRESSE UND DATEN:** Das Softmenü ADRESS-SETUP und DATEN-SETUP bieten die gleichen Einstellmöglichkeiten wie das Softmenü ID. Das Softmenü DATEN SETUP erlaubt die Eingabe des Datenbitmusters bzw. der HEX Werte für bis zu 8 Byte. Als Vergleiche für Adress- und Datenwerte stehen jeweils wieder GLEICH und UNGLEICH zur Verfügung.

Mehrmaliges Drücken auf die Softmenütaste MENU OFF schließt alle Menüs und das Oszilloskop triggert auf die eingestellte Bitfolge.
Bei Messungen ohne Messobjekt siehe Kap. 10.2.5.

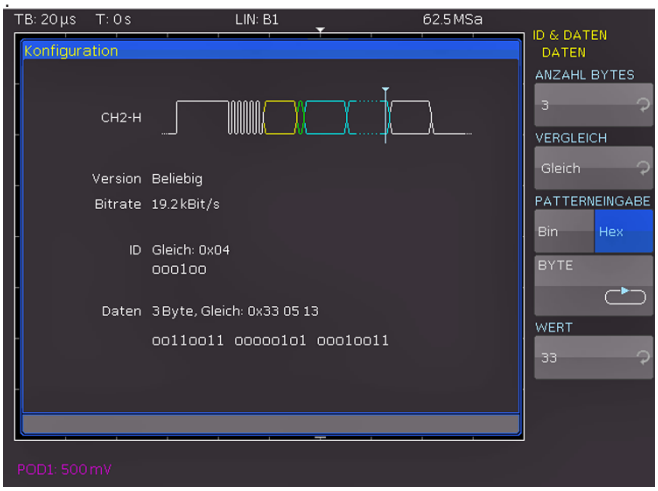


Abb. 13.16: LIN Daten Triggermenü

14 Fernsteuerung über Schnittstelle

Das R&S®HMO1002 verfügt standardmäßig über eine Ethernet und eine USB Schnittstelle

Um eine Kommunikation zu ermöglichen, müssen die gewählte Schnittstelle und die ggfs. dazugehörigen Einstellungen im Oszilloskop exakt denen im PC entsprechen.

Neben einer LAN-Schnittstelle besitzt das R&S®HMO1002 einen USB-Device-Anschluss. Für diese Schnittstelle kann der Anwender auswählen, ob das Gerät über einen virtuellen COM Port (VCP) oder über die USB-TMC-Klasse angesprochen werden soll.

14.1 USB VCP

Die verfügbaren USB-VCP-Treiber sind für Windows XP™, VISTA™, Windows 7™ und Windows 8™ (32 + 64 Bit) voll getestet und freigegeben.

Bei der klassischen Variante des VCP (virtueller COM Port) kann der Anwender nach Installation der entsprechenden Windows-Treiber mit einem beliebigen Terminalprogramm über SCPI-Kommandos mit dem HMO kommunizieren. Der aktuellste USB-VCP-Treiber kann kostenlos von der Rohde & Schwarz Webseite www.rohde-schwarz.de im Downloadbereich heruntergeladen und in ein entsprechendes Verzeichnis entpackt werden. Ist auf dem PC noch kein Treiber für den R&S®HMO1002 vorhanden, meldet sich das Betriebssystem mit dem Hinweis „Neue Hardware gefunden“, nachdem die Verbindung zwischen dem Messgerät und dem PC hergestellt wurde. Außerdem wird der „Assistent für das Suchen neuer Hardware“ angezeigt. Nur dann ist die Installation des USB-Treibers erforderlich. Weitere Informationen zur USB VCP Treiberinstallation finden Sie in der Installationsanleitung innerhalb der Treiberdatei.

Der USB-VCP-Treiber kann nur auf dem PC installiert werden, wenn folgende Grundvoraussetzungen erfüllt sind:

1. **R&S®HMO1002 mit aktivierter USB-VCP-Schnittstelle.**
2. **Ein PC mit dem Betriebssystem Windows XP™, VISTA™, Windows 7™ oder Windows 8™ (32 oder 64 Bit).**
3. **Administratorrechte sind für die Installation des Treibers unbedingt erforderlich. Sollte eine Fehlermeldung bzgl. Schreibfehler erscheinen, ist im Regelfall das notwendige Recht für die Installation des Treibers nicht gegeben. In diesem Fall setzen Sie sich bitte mit Ihrer IT-Abteilung in Verbindung, um die notwendigen Rechte zu erhalten.**

Zusätzlich kann die kostenlose Software HMExplorer genutzt werden. Diese Windows-Anwendung bietet für das R&S®HMC804x neben einer Terminalfunktion auch die Möglichkeit, Screenshots zu erstellen oder den Messwertspeicher auszulesen.

14.2 USB TMC

Die moderne Alternative zum virtuellen COM Port (VCP) ist die Ansteuerung mit Hilfe der USB-TMC-Klasse. TMC steht dabei für die „Test & Measurement Class“ und bedeutet, dass bei installierten VISA-Treibern das angeschlossene Messgerät ohne spezielle Windows-Treiber erkannt wird und in den entsprechenden Umgebungen direkt verwendet werden kann. Der Aufbau des TMC-Modells hat die GPIB-Schnittstelle als Vorbild. Daher ist es ein großer Vorteil der USB-TMC-Klasse, dass durch die Abfrage spezieller Register festgestellt werden kann, ob Befehle beendet und korrekt abgearbeitet worden sind. Bei der Kommunikation über den VCP sind an dieser Stelle dagegen Prüf- und Polling-Mechanismen in der steuernden Software notwendig, die teilweise zu einer erheblichen Belastung der Messgeräte-Schnittstelle führen können. Durch die TMC-Status-Register wird dieses Problem bei USB-TMC genauso gelöst, wie das bei der GPIB-Schnittstelle hardwareseitig über die entsprechenden Steuerleitungen geschieht.

Die Kommunikation über USB TMC wird von der HMExplorer Software nicht unterstützt.

14.2.1 USB TMC Konfiguration

Das R&S®HMO1002 setzt einen generischen USB Gerätetreiber voraus, wenn dieser im USB-TMC Modus betrieben wird. Die USB Test & Measurement Klasse (USB-TMC) ist ein Protokoll, das GPIB-ähnliche Kommunikation über USB Schnittstellen ermöglicht und eine eigene Geräteklasse der USB-Spezifikation darstellt. Das USB-TMC Protokoll unterstützt Serviceabfragen, Trigger und andere GPIB-spezifische Anweisungen. Der Treiber ist im NI-VISA Paket (Virtual Instrument Software Architecture) enthalten und kann unter http://www.ni.com/downloads/ni-drivers/ heruntergeladen werden.

Zuerst müssen die NI-VISA Treiber auf Ihrem Windows System installiert werden. Hierfür laden Sie sich bitte die aktuellste Version des NI-VISA Treiberpakets herunter. Entpacken Sie das zuvor geladene Treiberpaket und folgen Sie nun den Installationsanweisungen.

Hier beispielhaft für NI-VISA 5.4.1:

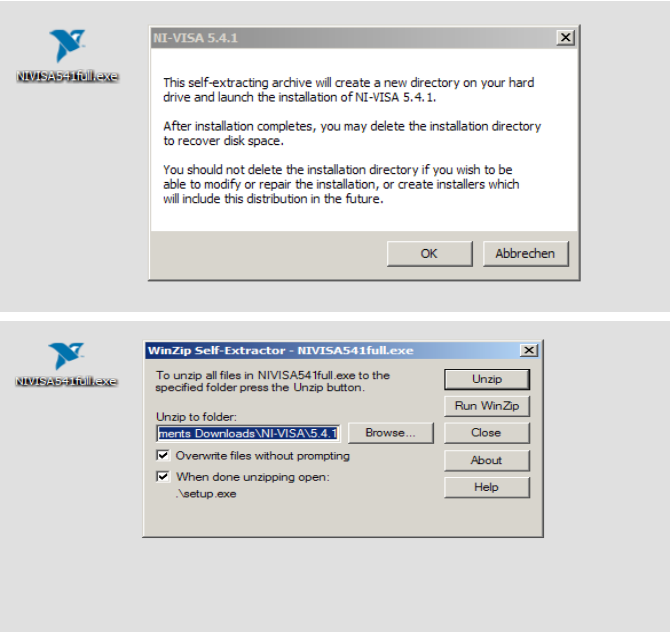


Abb. 14.1: NI-VISA 5.4.1

Starten Sie die Installation mit „Weiter“ und folgen Sie den Installationsanweisungen.

Abb. 14.2: NI-VISA Installationsanweisung

In diesem Schritt wählen Sie bitte unter „NI-VISA xxx > Alle Anwendungen lokal installieren“ aus.

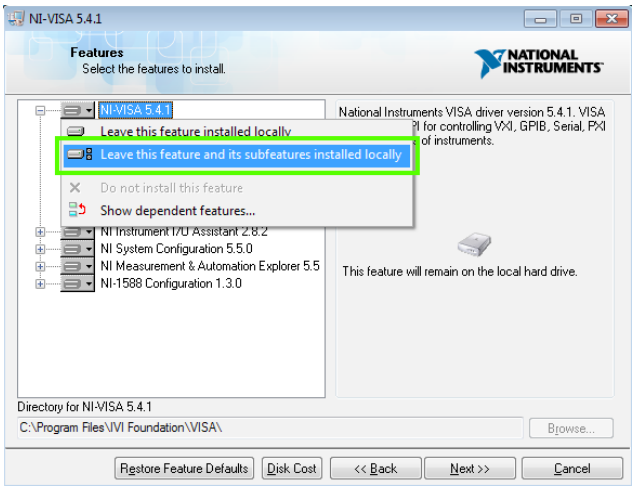


Abb. 14.3: NI-VISA Anwendung lokal installieren

Nach der erfolgreichen Installation der NI-VISA Treiber, können Sie nun Ihr R&S®HMO1002 auf die USB-TMC Schnittstelle umstellen. Gehen Sie dazu in das SETUP Menü Ihres R&S®HMO1002 und wählen Sie INTERFACE.

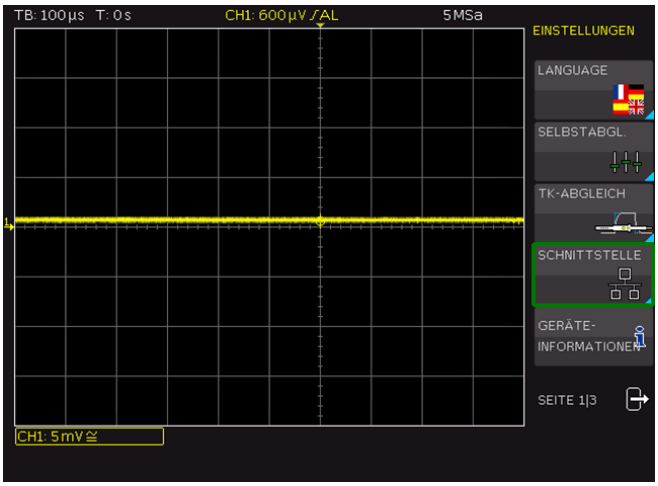


Abb. 14.4: Setup-Menü

Anschließend wechseln Sie per Softkey auf „USB“ und gehen weiter in das „PARAMETER“ Submenü.

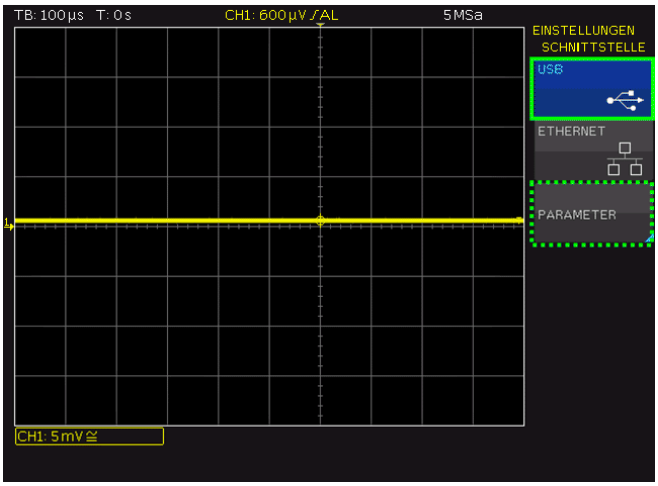


Abb. 14.5: Schnittstellen-Menü

Dort stellen Sie den USB-Typ auf „USB TMC“.

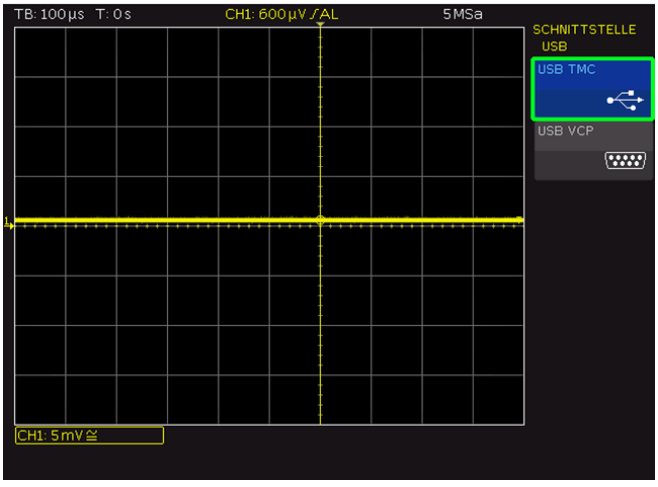


Abb. 14.6: Schnittstellen-Parameter-Menü

Abschließend stellen Sie die Verbindung zwischen dem Netzgerät und Ihrem Windows PC mit einem USB-Schnittstellenkabel (Typ A – B) her. Bei der erstmaligen Verwendung meldet sich das Betriebssystem mit dem Hinweis „Neue Hardware gefunden“. Nach erfoglreicher Einrichtung erscheint das Fenster „Gerätetreiberinstallation“ mit „USB Test and Measurement Device (IVI), Verwendung jetzt möglich“.

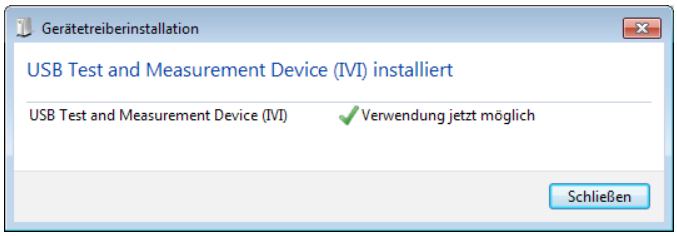


Abb. 14.7: Gerätetreiberinstallation

Öffnen Sie nun den Windows Geräte-Manager. Das Messgerät ist nun unter „USB Test and Measurement Devices > USB Test and Measurement Device (IVI)“ gelistet.

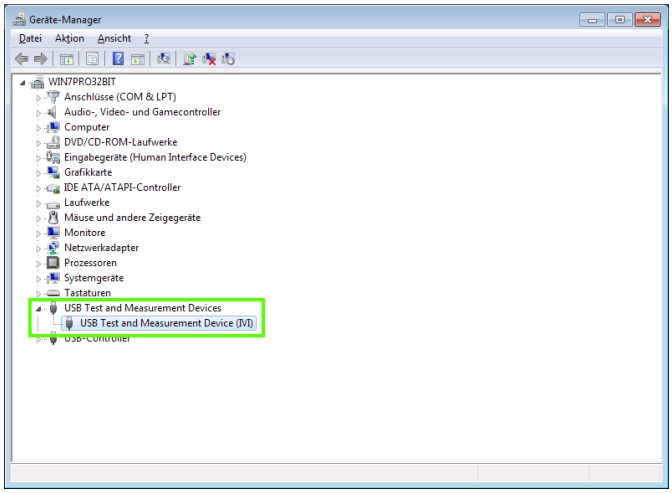


Abb. 14.8: Anzeige im Geräte-Manager

14.3 Ethernet

Die festeingebaute Schnittstellenkarte verfügt neben der USB- auch über eine Ethernet-Schnittstelle. Nach Auswahl der ETHERNET Schnittstelle erfolgen die Einstellungen der notwendigen Parameter über das Softmenü PARAMETER. Eine vollständige Parametereinstellung inklusive der Vergabe einer festen IP- Adresse kann vorgenommen werden. Alternativ ist auch die dynamische IP-Adressenzuteilung mit der Aktivierung der DHCP Funktion möglich. Bitte kontaktieren Sie ggfs. Ihren IT-Verantwortlichen, um die korrekten Einstellungen vorzunehmen.

Wenn DHCP genutzt wird und das HMO keine IP Adresse beziehen kann (z.B. wenn kein Ethernet Kabel eingesteckt ist oder das Netzwerk kein DHCP unterstützt) dauert es bis zu drei Minuten, bis ein Timeout die Schnittstelle wieder zur Konfiguration frei gibt.

Ist dem Gerät eine IP-Adresse zugewiesen, so lässt es sich mit einem Webbrowser unter dieser IP aufrufen, da die Schnittstelle über einen integrierten Webserver verfügt. Dazu wird die IP Adresse in der Adresszeile des Browsers eingegeben (http//xxx.xxx.xxx.xxx) und es erscheint ein entsprechendes Fenster mit der Angabe des Gerätetyps, der Seriennummer und der Schnittstelle mit den technischen Angaben und eingestellten Parametern. Auf der linken Seite lassen sich über den entsprechenden Link BILDSCHIRMDATEN ein Bildschirmausdruck vom R&S®HMO1002 übertragen (und mit der rechten Maustaste zur weiteren Verwendung in die Zwischenablage kopieren). Der Link STEUERUNG MITTELS SCPI öffnet eine Konsolenseite, um einzelne Fernsteuerkommandos an das Oszilloskop zu senden.

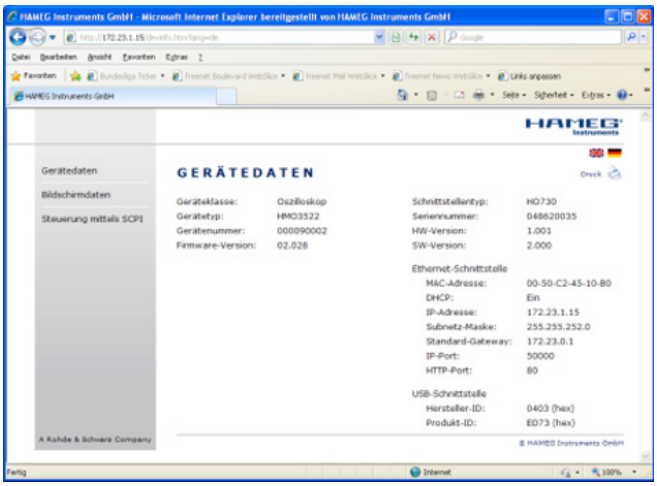


Abb. 14.9: Webserver mit Gerätedatenseite

15 Technische Daten

R&S®HMO1002
50/70/100 MHz 2-Kanal Mixed Signal Oszilloskop

Alle Angaben bei 23 °C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Anzeige	
Display	16,5 cm (6,5") VGA Farbdisplay
Display Auflösung	640 (H) x 480 (V) Pixel
Hintergrundbeleuchtung	400 cd/m² (LED)
Anzeigenbereich für Kurven in Horizontalrichtung	
ohne Menü	12 Div (600 Pixel)
mit Menü	10 Div (500 Pixel)
Anzeigebereich für Kurven in Vertikalrichtung	8 Div (400 Pixel)
mit Virtual Screen	20 Div
Farbtiefe	256 Farben
Helligkeitsstufen	32
Kanalanzeige	Falschfarben, inverse Helligkeit
Vertikalsystem	
DSO Mode	CH1, CH2
MSO Mode	CH1, POD (mit Logiktastkopf HO3508)
Analogkanäle	
Y-Bandbreite (-3 dB)	
(1 mV, 2 mV)/Div	50 MHz
(5 mV bis 10 V)/Div	50 MHz (Grundgerät) 70 MHz (mit HOO572/HV572 Option) 100 MHz (mit HOO512/HV512 oder HOO712/HV712 Option)
Untere AC Bandbreite	2 Hz
Bandbreitenbegrenzung (zuschaltbar)	ca. 20 MHz
Anstiegszeit (berechnet)	
50 MHz (Grundgerät)	<7 ns
Grundgerät mit 70 MHz Option	<5 ns
Grundgerät mit 100 MHz Option	<3,5 ns
DC-Verstärkungsgenauigkeit	3% vom Bereichsendwert
Eingangsempfindlichkeit	
alle Analogkanäle	1 mV/Div bis 10 V/Div
Grobskalierung	13 kalibrierte Stellungen, 1-2-5 Folge
Feinskalierung	zwischen den kalibrierten Stellungen
Impedanz	1 MΩ II 16 pF ±2 pF
Kopplung	DC, AC, GND
Max. Eingangsspannung	200 V_s (abfallend mit 20 db/Dekade ab 100 kHz auf 5 V_{eff})
Positionsbereich	±5 Div (von der Displaymitte)
Kanal Isolation	35 dB von DC bis zur spezifizierten Bandbreite (gleicher V/Div Bereich)
XY-Modus	CH1, CH2
Invertierung	wahlweise alle Analogkanäle
Logikkanäle (mit Logiktastkopf HO3508)	
Schaltpegel	TTL, CMOS, ECL, benutzerdefiniert (-2 V bis +8 V)
Impedanz	100 kΩ || 4 pF
Kopplung	DC
Max. Eingangsspannung:	40 V_s

Triggersystem	
Triggermodus	
Auto	Triggert automatisch auch dann, wenn kein Ereignis auftritt
Normal	Triggert nur auf ein definiertes Triggerereignis
Single	Triggert einmalig auf ein definiertes Triggerereignis
Triggeranzeige	Display und Bedienfeld (LED)
Triggerempfindlichkeit	
bis 5 mV/Div	1,5 Div
ab 5 mV/Div	0,8 Div
Pegeleinstellbereich	
mit Autolevel	einstellbar zwischen den Scheitelwerten des Signals
ohne Autolevel	±5 Div (von der Displaymitte)
extern	±5,0 V
Triggerkopplung	
AC	<5 mV/Div: 10 Hz bis 65 MHz >5 mV/Div: 10 Hz bis 65/90/130 MHz
DC:	<5 mV/Div: DC bis 65 MHz >5 mV/Div: DC bis 65/90/130 MHz
HF:	<5 mV/Div: 30 kHz bis 65 MHz >5 mV/Div: 30 kHz bis 65/90/130 MHz
zuschaltbare Filter	
LF (Tiefpass)	DC bis 5 kHz (-3 db), zuschaltbar bei DC und Autolevel
Rauschunterdrückung	min. Signalhöhe: 1,5 Div (ab 5 mV/Div) zuschaltbar bei AC, DC und HF-Kopplung
Trigger Holdoff Bereich	Auto, 50 ns bis 10 s
Externer Triggereingang (BNC)	
Impedanz	1 MΩ || 16 pF ±2 pF
Pegeleinstellbereich	0,3 V_{ss} bis 10 V_{ss}
Max. Eingangsspannung	100 V_s
Kopplung	DC, AC
Triggerausgang	über AUX OUT (BNC)
Funktion	Ausgabe der Triggerfrequenz, Fehleranzeiger beim Maskentest
Ausgangsspannung	3 V
Polarität	positiv
Pulsbreite	> 150 ns (Triggerereignis), > 0.5 µs (Maskenverletzung)
Triggerarten	
Flanke	
Richtung	steigend, fallend, beide
Triggerkopplung	Autolevel, AC, DC, HF
zuschaltbare Filter	LF, Noise Rejection
Quellen	alle Analog- und Logikkanäle, Netz, extern (AC, DC)
Pulsbreite	
Polarität	positiv, negativ
Funktion	Gleich, ungleich, kleiner, größer, innerhalb/außerhalb eines Bereiches
Pulsdauer	16 ns bis 10 s, Auflösung min. 2 ns
Quellen	alle Analogkanäle
Logik	
Funktionen	
logisch	UND, ODER, WAHR, UNWAHR

zeitlich	Gleich, ungleich, kleiner, größer, innerhalb/außerhalb eines Zeitbereiches, Zeitüberschreitung
Zeitdauer	16 ns bis 10 s, Auflösung min. 2 ns
Zustände	H, L, X
Quellen	alle Logikkanäle
Video	
Sync. Pulspolarität	positiv, negativ
unterstütze Standards	PAL, NTSC, SECAM, PAL-M, SDTV 576i, HDTV 720p, HDTV 1080i, HDTV 1080p
Halbbild	Even/Odd, Beide
Zeile	wählbare Zeilennummer, alle
Quellen	alle Analogkanäle, extern (AC, DC)
Serielle Busse (optional)	
Busdarstellung	bis zu zwei Busse können gleichzeitig analysiert werden. Darstellung der Daten im ASCII-, Binär-, Dezimal- oder Hexadezimal-Format
Optionsbezeichnung	
HOO10	I²C/SPI/UART/RS-232 Busanalyse auf Analog- und Logikkanälen
HOO11	I²C/SPI/UART/RS-232 Busanalyse auf Analogkanälen
HOO12	CAN/LIN Busanalyse auf Analog- und Logikkanälen
Triggerarten nach Protokolltyp	
I²C	Start, Stop, ACK, NACK, Address/Data
SPI	Start, End, Serial Pattern (32 Bit)
UART/RS-232	Startbit, Frame Start, Symbol, Pattern
LIN	Frame Start, Wake Up, Identifier, Data, Error
CAN	Frame Start, Frame End, Identifier, Data, Error
Horizontalsystem	
Darstellung	
Zeitbereich (Yt)	Hauptansicht, Zeitbereichs- und Zoom-Fenster
Frequenzbereich (FFT)	Zeitbereichsfenster und Frequenzansicht (FFT)
XY-Modus	Spannung (XY)
VirtualScreen	virtuelle Anzeige von ±10 Div für alle Mathematik-, Logik-, Bus- und Referenzsignale
Komponententester	Spannung (X), Strom (Y)
Referenzkurven	bis zu 4 Referenzkurven gleichzeitig darstellbar
Kanal Deskew	±32 ns, Schrittweite 2 ns
Memory Zoom	bis zu 50.000 : 1
Zeitbasis	
Genauigkeit	50,0 x 10^{-6}
Alterung	10,0 x 10^{-6} pro Jahr
Betriebsart	
REFRESH	2 ns/Div bis 50 s/Div
ROLL	50 ms/Div bis 50 s/Div
Digitale Erfassung	
Abtastrate (Echtzeit)	
Analogkanäle	2 x 500 MSa/s oder 1 x 1 GSa/s
Logikkanäle	8 x 500 MSa/s
Speichertiefe	2 x 500 kPts oder 1 x 1 MPts
Auflösung	8 Bit, (HiRes bis zu 16 Bit)
Kurvenform Arithmetik	Refresh, Roll (freilaufend/getriggert), Average (bis zu 1024), Envelope (Hüllkurve), Peak-Detect (2 ns), Filter (Tiefpass, einstell-bar), Hochauflösend (HiRes bis zu 16 Bit)
Aufnahmemodus	Automatik, max. Abtastrate, max. Kurvenwiederholrate

Interpolation	
alle Analogkanäle	Sin(x)/x, Linear, Sample-hold
Logikkanäle	Puls
Verzögerung	
Pretrigger	0 bis 500.000 Sa x (1/Abtastrate), x2 im interlaced Betrieb
Posttrigger	0 bis 8 x 10^6 Sa x (1/Abtastrate)
Signalwiederholrate	bis zu 10.000 Wfm/s
Darstellung	Punkte, Vektoren, Nachleuchten
Nachleuchten	min. 50 ms
Messfunktionen und Bedienung	
Bedienung	Menügeführt (mehrsprachig), Autoset, Hilfsfunktionen (mehrsprachig)
AUTO Messfunktionen	Spannung (U_{ss}, U_{s+}, U_{s-}, U_{eff}, U_{mittel}, U_{min}, U_{max}), Amplitude, Phase, Frequenz, Periode, Anstiegs-/Abfallzeit (80%, 90%), Pulsebreite (pos/neg), Burstweite, Tastverhältnis (pos/neg), Standardabweichung, Verzögerung, Crest Faktor, Overshoot (pos/neg), Flanken-/Impulszähler (pos/neg), Triggerperiode, Triggerfrequenz
CURSOR Messfunktionen	Spannung (U1, U2, ΔU), Zeit (t1, t2, Δt, 1/Δt), Verhältnis X, Verhältnis Y, Flanken-/Impulszähler (pos/neg), Spitzenwerte (U_{s+}, U_{s-}, U_{ss}), U_{mittel}/U_{eff}/Standardabweichung, Tastverhältnis (pos/neg), Anstieg-/Abfallzeit (80%, 90%), V-Marker, Crest Faktor
Schnellmessung (QUICKVIEW)	fest vorgegeben: Spannung (U_{ss}, U_{s+}, U_{s-}, U_{eff}, U_{mittel}), Anstiegs-/Abfallzeit, Frequenz, Periodendauer; 6 weitere Messfunktionen (siehe Automessfunktionen) frei wählbar
Marker	bis zu 8 frei positionierbare Marker zur einfachen Navigation
Frequenzzähler	
Auflösung	5-stellig
Frequenzbereich	0,5 Hz bis 100 MHz
Genauigkeit	50,0 x 10^{-6}
Alterung	±10,0 x 10^{-6} pro Jahr
Maskentest	
Funktion	Pass/Fail-Vergleich eines Signals mit einer vordefinierten Maske
Quellen	Analogkanäle
Testart	Maske (Schlauch) um Signal, mit einstellbarer Toleranz
Aktionen	
im Fehlerfall	Stop, Beep, Screenshot, Triggerimpuls, automatische Speicherung der Kurve
im Normalfall	Statistik der getesteten Kurven: Anzahl der Gesamtereignisse (max. 4x10^9 Ereignisse), Anzahl der bestandenen / fehlerhaften Erfassungen (Absolutwert und in Prozent), Testdauer
Mathematische Funktionen	
Quickmath	
Funktionen	Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division
Quellen	CH1, CH2
Frequenzanalyse (FFT)	
Parameter	Frequenzspan, Mittenfrequenz, vertikale Skalierung, vertikale Position
FFT Auflösung	2 Kpts, 4 Kpts, 8 Kpts, 16 Kpts, 32 Kpts, 64 Kpts, 128 Kpts
Fenster	Hanning, Hamming, Rectangular, Blackman
Skalierung	dBm, dBV, V_{eff}

Kurvenform Arithmetik	Refresh, Average (bis zu 512), Envelope (Hüllkurve)
Cursor Messung	2 horizontale Marker, Peak-Suche (vorhergehender/nächster)
Quellen	alle Analogkanäle
Mustergenerator	
Funktionen	Rechteck Generator / Tastkopfabgleich, Bus Signalquelle, Zähler, programmierbares Muster
Rechteck Generator (Probe ADJ Ausgang)	Frequenzbereich: 1 mHz bis 500 kHz Pegel: ca. 2,5 V_{ss} (t_a <4 ns) Polarität: normal, invers Tastverhältnis: 1% bis 99%
Bus Signal Source (4 Bit)	I^2C (100 kBit/s, 400 kBit/s, 1 MBit/s, 3,4 MBit/s), SPI (100 kBit/s, 250 kBit/s, 1 MBit/s), UART (9600 Bit/s, 115,2 kBit/s, 1 MBit/s), CAN (bis zu 50 MBit/s), LIN (bis zu 50 MBit/s)
Zähler (4Bit)	Frequenz: 1 mHz bis 25 MHz Richtung: vorwärts, rückwärts
Programmierbares Muster (4Bit)	Abtastzeit: 20 ns bis 42 s; Speichertiefe: 2048 Sa Pattern-Totzeit: 20 ns bis 42 s
Funktionsgenerator	
Signalformen	DC, Sinus, Rechteck, Puls, Dreieck/Rampe
Sinus	Frequenzbereich: 0,1 Hz bis 50 kHz Flatness: ±1 dB relativ zu 1 kHz
Rechteck	Frequenzbereich: 0,1 Hz bis 25 kHz Anstiegszeit: <4 µs
Puls	Frequenzbereich: 0,1 Hz bis 10 kHz Tastverhältnis: 10% bis 90%
Dreieck/Rampe	Frequenzbereich: 0,1 Hz bis 10 kHz
Abtastgeschwindigkeit	978 kSa/s
Frequenzgenauigkeit	50,0 x 10^{-6}
Alterung	±10,0 x 10^{-6} pro Jahr
Amplitude	
hochohmige Last	60 mV_{ss} bis 6 V_{ss}
50 Ω Last	30 mV_{ss} bis 3 V_{ss}
Genauigkeit	3%
DC Offset	±3 V
Digitalvoltmeter	
Anzeige	Ein Primär und Sekundär-Messwert pro Kanal, gleichzeitges Messen auf allen Analogkanälen, 3-stellige Messwertanzeige
Messfunktionen	DC, DC_{rms}, AC_{rms}, U_{pp}, U_{p+}, U_{p-}, Crest Faktor
Quellen	alle Analogkanäle
Komponententester	
Darstellung	Spannung (X), Strom (Y)
Testfrequenz	50 Hz, 200 Hz
Testspannung	10 V_s (Leerlauf)
Teststrom	10 mA (Kurzschluss)
Bezugspotential	Masse (Schutzleiter)
Schnittstellen	
für Massenspeicher (FAT16/32)	1 x USB-Host (Typ A), max. 500mA
für Fernsteuerung	Ethernet (RJ45), USB Device (Typ B)
Allgemeine Gerätedaten	
Benutzerspeicher	3 MB für Referenzen und Geräteeinstellungen
Speichern/Laden	
Geräteeinstellungen	intern oder auf USB Speicher, verfügbare Dateiformate: SCP, HDS
Referenzkurven	intern oder auf USB Speicher, verfügbare Dateiformate: BIN (MSB/LSB), FLT (MSB/LSB), CSV, TXT, HRT
Erfasste Kurven	auf USB Speicher, verfügbare Dateiformate: BIN (MSB/LSB), FLT (MSB/LSB), CSV, TXT
Kurvenwerte	Anzeige- oder Erfassungsspeicher
Quellen	einzelne oder alle Analogkanäle
Screenshots	auf USB Speicher: verfügbare Dateiformate: BMP, GIF, PNG
Realtime Clock (RTC)	Datum und Uhrzeit
Netzanschluss	
AC Versorgung	100 V bis 240 V, 50 Hz bis 60 Hz, CAT-II
Leistungsaufnahme	max. 25 W
Sicherheit	in Übereinstimmung mit IEC 61010-1 (ed. 3), IEC 61010-2-30 (ed. 1), EN 61010-1, EN 61010-2-030 , CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1-12 , CAN/CSA-C22.2 No. 61010-2-030-12, UL Std. No. 61010-1 (3rd Edition) , UL61010-2-030
Arbeitstemperatur	+5 °C bis +40 °C
Lagertemperatur	–20 °C bis +70 °C“
Rel. Luftfeuchtigkeit	5% bis 80% (ohne Kondensation)
Mechanische Angaben	
Abmessungen (B x H x T)	285 x 175 x 140 mm
Nettogewicht	2,5 kg

Optionen- und Vocherübersicht

Beschreibung	Optionen	Voucher
Bandbreiten-Upgrade 50 MHz auf 70 MHz	HOO572	HV572
Bandbreiten-Upgrade 50 MHz auf 100 MHz	HOO512	HV512
Bandbreiten-Upgrade 70 MHz auf 100 MHz	HOO712	HV712
I^2C, SPI, UART/RS-232 auf Analog- und Logikkanälen	HOO10	HV110
I^2C, SPI, UART/RS-232 auf allen Analogkanälen	HOO11	HV111
CAN und LIN auf Analog- und Logikkanälen	HOO12	HV112

Im Lieferumfang enthalten:

Netzkabel, gedruckte Bedienungsanleitung, 2 Tastköpfe: HZ154 (100 MHz, 10 : 1/1 : 1 umschaltbar), HZ20 BNC-Stecker mit 2 Stück 4 mm Buchsen, Software-CD

Empfohlenes Zubehör:

HO3508	8 Kanal Logiktastkopf (350 MHz, 4 pF)
HZ115	Differenz-Tastkopf 100 : 1/1000 : 1
HZO20	Hochspannungstastkopf 1000:1 (400MHz, 1000 V_{eff})
HZO30	1 GHz Aktiv-Tastkopf (0,9 pF, 1 MΩ)
HZO40	Aktiver Differenz-Tastkopf 200 MHz (10 : 1, 3,5 pF, 1 MΩ)
HZO41	Aktiver Differenz-Tastkopf 800 MHz (10 : 1, 1 pF, 200 kΩ)
HZO50	Gleich-Wechselstrom-Messzange 30 A, DC bis 100 kHz
HZO51	Gleich-Wechselstrom-Messzange 100/1000 A, DC bis 20 kHz
HZ51	150 MHz Passiv-Tastkopf 10 : 1 (12 pF, 10 MΩ)
HZ52	250 MHz Passiv-Tastkopf 10 : 1 (10 pF, 10 MΩ)
HZ53	100 MHz Passiv-Tastkopf 100 : 1 (4.5 pF, 100 MΩ)
HZO90	Tasche zum Schutz und für den Transport
HZO91	19” Einbausatz 4 HE

16 Anhang

15.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Betriebspositionen 4
Abb. 1.2: Produktkennzeichnung nach EN 50419 7
Abb. 2.1: Frontansicht R&S®HMO1002. 8
Abb. 2.2: Bedienfeldabschnitt A 8
Abb. 2.3: Die Bedienfelder B, C und D 9
Abb. 3.1: Bedienfeldabschnitt A 12
Abb. 3.2: Bildschirm nach Anschluss des Tastkopfes . . . 12
Abb. 3.3: Bildschirm nach Umstellen auf DC Kopplung. . 12
Abb. 3.4: Bildschirm nach Autosetup 12
Abb. 3.5: Teil D des Bedienfeldes mit Zoomtaste 12
Abb. 3.6: Zoomfunktion. 13
Abb. 3.7: Quickview Parametermessung 13
Abb. 3.8: Parameterauswahl 13
Abb. 3.9: Speichern und Laden Menü 14
Abb. 4.1: Bedienfeld B des Vertikalsystems 15
Abb. 4.2: Kurzmenü für vertikale Einstellung 15
Abb. 4.3: Namensvergabe. 16
Abb. 5.1: Bedienfeld D des Horizontalsystems. 17
Abb. 5.2: AM moduliertes Signal mit maximaler Wiederholrate. 19
Abb. 5.3: AM moduliertes Signal mit maximaler Abtastrate. 19
Abb. 5.4: AM moduliertes Signal mit automatischer Einstellung 20
Abb. 5.5: Zoomfunktion. 20
Abb. 6.1: Bedienfeld des Triggersystems 21
Abb. 6.2: Kopplungsarten bei Flankentrigger 22
Abb. 6.3: Einstellungen der Logikkanalanzeige 23
Abb. 6.4: Videotriggermenü 24
Abb. 7.1: Schema und Beispiel der Virtual Screen Funktion 25
Abb. 7.2: Menü zur Einstellung der Anzeigeintensitäten 26
Abb. 7.3: Nachleuchtfunktion 26
Abb. 9.1: Beispiel einer Mathematikkurve 31
Abb. 9.2: FFT 32
Abb. 9.3: PASS/FAIL Maskentest 33
Abb. 9.4: HZ20 Adapter verbunden mit AUX OUT. 34
Abb. 9.5: Komponententest-Beispiel. 34
Abb. 9.6: Digital Voltmeter. 35
Abb. 10.1: Arbitrary Menü. 36
Abb. 10.2: Arbitrary Mustereinstellungen 36
Abb. 11.1: Basismenü für Geräteeinstellungen 37
Abb. 11.2: Geräteeinstellungen speichern 38
Abb. 11.3: Referenzen laden und speichern 38
Abb. 11.4: Definition der FILE/PRINT-Taste 40
Abb. 12.1: Optionaler Logiktastkopf HO3508. 41
Abb. 13.1: Menü zum Definieren von Bussen 43
Abb. 13.2: Beispiel I²C BUS mit BUS-Tabelle 44
Abb. 13.3: I²C 7-Bit-Adresse 45
Abb. 13.4: I²C LESEN/SCHREIB Triggermenü 46
Abb. 13.5: I²C BUS. 46
Abb. 13.6: Einfache Konfiguration eines SPI BUS 46
Abb. 13.7: Menü zum Definieren eines SPI Busses 47
Abb. 13.8: UART Bitfolge. 48
Abb. 13.9: Seite 2|2 UART BUS Konfigurationsmenü 48
Abb. 13.10: Triggermenü UART Daten 49
Abb. 13.11: UART Triggermenü Seite 2. 49
Abb. 13.12: CAN BUS Konfiguration 50
Abb. 13.13: CAN BUS 51
Abb. 13.14: Aufbau LIN Byte-Struktur. 51
Abb. 13.15: LIN BUS Menü 51
Abb. 13.16: LIN Daten Triggermenü 52
Abb. 14.1: NI-VISA 5.4.1 54
Abb. 14.2: NI-VISA Installationsanweisung. 54
Abb. 14.3: NI-VISA Anwendung lokal installieren. 54
Abb. 14.4: Setup-Menü 54
Abb. 14.5: Schnittstellen-Menü. 54
Abb. 14.6: Schnittstellen-Parameter-Menü 54
Abb. 14.7: Gerätetreiberinstallation. 55
Abb. 14.8: Anzeige im Geräte-Manager 55
Abb. 14.9: Webserver mit Gerätedatenseite 55

15.2 Stichwortverzeichnis

A
Abfallzeit: 13, 27, 29, 32
Abschlusswiderstand: 32
AC-Kopplung: 15
Abtastrate: 9, 17, 18, 19, 20, 31, 39, 43
Amplitude: 13, 21, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34
Amplitudenwerte: 26, 39
Anstiegszeit: 14, 27, 29, 32

B
Bildschirmausdruck: 14, 33, 40, 55
Bitmuster: 23
Bitrateneinstellung: 37
Blackman: 32
Blindwiderstand: 34
Bildschirmfotos: 8, 9, 14, 37, 40
Busanalyse: 10, 11, 16, 43
BUS Signalquelle: 37

C
Crest Faktor: 27, 28
CSV-Datei: 39, 44
Cursor-Messungen: 9, 13, 27, 28

D
Dateiformat: 38, 40
Dateimanager: 11, 37, 38, 39
Datenrate: 37, 51
Digitalvoltmeter: 35

E
Education Mode: 11
Effektivwert: 27, 28, 35
Erfassungsspeicher: 18, 19, 20, 39
Ethernet: 10, 11, 55

F
FALSCHFARBEN: 25

Flankentrigger: 22
Fourier-Analyse: 31
Frequenzanalyse: 31
Frequenzbereich: 8, 31, 35
Frequenzgenauigkeit: 32
Funktionsgenerator: 6, 35

G
Graustufen: 10, 40
Grenzfrequenz: 17, 22

H
Halbleiter: 34
Hamming: 32
Hanning: 32
Helligkeitsverlauf: 25
Hold Off Zeit: 21, 24
Hüllkurve: 17, 31

I
Impedanz: 34
Impulsdauer: 22, 23
Impulstrigger: 22, 23
Induktivität: 34
IP- Adresse: 55

K
Kapazität: 34
Komponententest: 8, 34
Komponententester: 6, 9, 33
Konfigurationsmenü: 42, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 51
Kurvendaten: 37, 39

L
Lissajous: 26
Lizenzschlüssel: 11, 43
Logikbetrieb: 23, 24
Logikpegeleinstellungen: 24
Logiktastkopf: 8, 11, 23, 41, 43
Logiktrigger: 16, 20, 23, 41, 44

M
Maskenspeicher: 33
Maskentest: 33
Mathematikkurven: 9, 38
Messgitter: 13, 16, 41, 43
Messinterval: 35
Messkategorien: 6
Messquelle: 28, 29, 30
Messwertanzeige: 35
Messwertpunkte: 39
Mittelwert: 13, 17, 27, 28, 29, 30, 32, 35

N
Nachleuchtfunktion: 26
Nutzerfrequenz: 36

P
Paritätsfilter: 49
Pattern: 35, 36, 37, 50, 52
Periodendauer: 13, 18, 27, 30, 32
Phasendifferenz: 34
Polarität: 24, 35, 50
Pulsbreite: 13, 29, 32

Q
Quellkurve: 33
Quickview: 8, 13
Quick View Modus: 32

R
Rauschpegel: 32
Rauschunterdrückung: 22, 32
Referenzen: 9, 37, 38, 39
Referenzkurven: 8, 9, 25, 37, 38, 39
Referenzquelle: 29
Referenzsignal: 14

S
Scheinwiderstandswert: 34
Schwellwert: 16, 41
Selbstabgleich: 11
Shunt: 16
Signalamplitude: 28, 29, 35
Signalform: 33, 35, 40
Signalperiode: 28, 29
Signalspannung: 24, 33
Sinusgenerator: 34
Spannungsdifferenz: 28
Spannungspegel: 28
Speicherort: 14, 37, 38, 39, 40
Speichertiefe: 18, 19, 20
Spitzenwerterfassung: 18, 19
Standardabweichung: 27, 29, 35
Startsignal: 45
Stromzange: 15
Synchronimpulses: 24
Synchronisationsfeld: 52

T
Tastkopfabgleich: 16
Tastverhältnis: 13, 27, 29, 32, 35
Teilererkennung: 15
TIEFPASS: 22
Tiefpassfilter: 15, 17, 22
Toleranzmaske: 33
Totzeit: 47
Triggerart: 22, 25, 48
Triggerbedingungen: 9, 17, 22, 24, 45, 47, 48, 50, 52
Triggerereignis: 21, 25, 47, 49
Triggerfunktionen: 36
Triggerpegel: 9, 22
Triggerquelle: 20, 21, 22, 23, 30
Triggersignal: 22
Triggerzeitpunkt: 17, 20, 42, 47
Triggerzustand: 23

U
Überschwingen: 27, 28, 29
USB Port: 8, 10

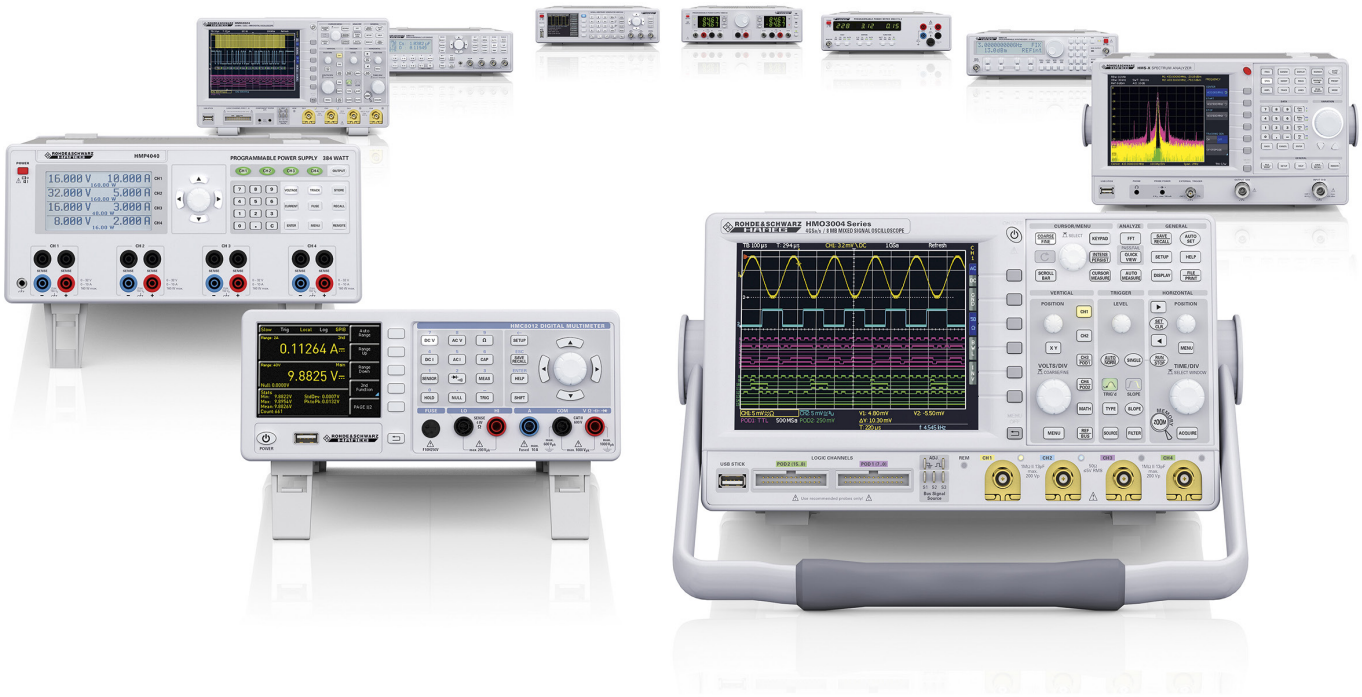
V
Vergleichszeit: 22, 23
Verlustwiderstand: 34
Videomodulation: 24
Videotrigger: 24
V-Marker: 13

W
Wabendarstellung: 43, 45
Wartung: 5
Wiederholrate: 18, 19, 20

Y
Y-Position: 9, 15, 25, 41

Z
Zeitbasis: 9, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 31, 39
Zeitbasiseinstellung: 9, 17, 20, 31, 37
Zeitspanne: 27
Zeitüberschreitung: 23
Zielverzeichnis: 39
Zielverzeichnisses: 39, 40
ZOOM: 12, 13, 17, 20, 21
Zweifenster-Darstellung: 12

value-instruments.com



www.hameg.com

HAMEG Instruments GmbH
Industriestr. 6 | 63533 Mainhausen | Germany | Tel +49 (0) 6182 8000

R&S® ist ein eingetragenes Warenzeichen
der Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG
HAMEG Instruments® ist ein eingetragenes Warenzeichen
der HAMEG Instruments GmbH
Markennamen sind Warenzeichen der Eigentümer
10/2014 | © HAMEG Instruments GmbH | 41-1002-00D0
In Deutschland gedruckt | Änderungen vorbehalten